

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология сварочного производства
 Отделение электронной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии аргонодуговой сварки неплавящимся электродом стыкового соединения листов толщиной 10 мм из сплава Д16

УДК 621.791.754'293.037

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В61	Иванов Сергей Вячеславович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец А.С.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т.Г.	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев М.В.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина А.А.	к.т.н.		

Томск – 2020 г.

Планируемые результаты обучения по программе

	Результат обучения
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, приборостроении и др. областях, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования продукции.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительно-монтажных производствах.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительно-монтажного комплекса и в отраслевых научных организациях, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований
P7	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий производств.
P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение

	технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
P9	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий сварочного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества сварных швов и сварных конструкций
P10	Способность осваивать вводимое новое сварочное оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования и конструкций объектов, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология сварочного производства
 Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Першина А.А.
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1B61	Иванову Сергею Вячеславовичу

Тема работы:

Разработка технологии аргонодуговой сварки неплавящимся электродом стыкового соединения листов толщиной 10 мм из сплава Д16	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	09.01.2020 №9-31/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Разработка технологии сборки и сварки листов из сплава Д16 толщиной 10 мм
---	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Обзор литературы на предмет особенностей процесса сварки алюминиевых сплавов 2. Описание основного материала конструкции 3. Обоснование выбора способа сварки 4. Выбор сварочных материалов 5. Расчет режимов сварки 6. Выбор оборудования для сварки 7. Разработка технологии сборки и сварки 8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 9. Социальная ответственность 10. Заключение
---	--

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Схема выполнения сварного шва 2. Сечение сварного шва
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
1-7, 10 пп.	Гордынец А.С., к.т.н., доцент ОЭИ
8. Финансовый менеджмент, и ресурсоснажение	Трубченко Т.Г., к.э.н., доцент ОСИ
9. Социальная ответственность	Гуляев М.В., Старший преподаватель

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.02.2020
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец А.С.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В61	Иванов Сергей Вячеславович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1В61	Иванов Сергей Вячеславович

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя – 30000 рублей Оклад инженера – 10000 рублей
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премимальный коэффициент руководителя 15% Премимальный коэффициент инженера 13% Районный коэффициент 30% Накладные расходы 16%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Потенциальные потребители результатов исследования, анализ конкурентных технических решений, SWOT – анализ
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование работ, разработка диаграммы Ганта, формирование сметы затрат.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Матрица SWOT
4. График проведения и бюджет НТИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т.Г.	Доцент, к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В61	Иванов Сергей Вячеславович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1В61	Иванов Сергей Вячеславович

Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Разработка технологии аргонодуговой сварки неплавящимся электродом стыкового соединения листов толщиной 10 мм из сплава Д16	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является разработка технологии аргонодуговой сварки неплавящимся электродом стыкового соединения листов из сплава Д16 в лабораторных условиях.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Рассмотреть: – специальные правовые нормы трудового законодательства – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы при проведении технологического процесса сварки: – повышенная яркость света в процессе сварки; – повышенная температура поверхностей свариваемых заготовок; – повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей среды; – поражение электрическим током; – механическая опасность; – большое давление в баллонах с аргоном; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень шума и вибрации; – неудовлетворительный микроклимат.
3. Экологическая безопасность:	– анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу и литосферу. – решение по обеспечению экологической безопасности.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – Выбор наиболее типичной ЧС;

	<ul style="list-style-type: none"> – Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. – Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
--	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В61	Иванов Сергей Вячеславович		

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение

Уровень образования высшее

Отделение электронной инженерии

Период выполнения весенний семестр 2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
23.02.2020	1. Литературный обзор	10
05.03.2020	2. Основной материал конструкции	10
10.03.2020	3. Способ сварки	10
20.03.2020	4. Выбор сварочных материалов	10
01.04.2020	5. Расчет режимов сварки	15
08.04.2020	6. Выбор сварочного оборудования	10
25.04.2020	7. Технология сборки и сварки	15
01.06.2020	8. Заключение	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец А.С.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина А.А.	К.Т.Н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 101 с., 4 рис., 31 табл., 23 источника.

Ключевые слова: аргонодуговая сварка алюминиевого сплава, сварка сплава Д16, сварка в защитных газах, автоматическая аргонодуговая сварка, автоматическая сварка в защитных газах, аргонодуговая сварка неплавящимся электродом, технология сварки алюминиевого сплава Д16.

Объектом исследования является: процесс дуговой сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа аргона.

Предмет исследования – листы из сплава Д16.

Цель работы – разработка технологии аргонодуговой сварки неплавящимся электродом листов из сплава Д16 толщиной 10 мм.

В процессе исследования были изучены особенности сварки алюминиевого сплава Д16 и свойства основного материала конструкции. Был произведен расчет параметров режима сварки и выбор сварочного оборудования, по полученным расчетам.

В результате работы была разработана технология автоматической аргонодуговой сварки неплавящимся электродом листов из сплава Д16 толщиной 10 мм.

Область применения: данная сварная конструкция может применяться во многих отраслях промышленности, например, в авиационной и космической промышленности при изготовлении силовых конструктивных элементов.

Определения, сокращения и нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ 4784-97 «Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки»
- ГОСТ 21631-76 «Листы из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия»
- ГОСТ 7871-75 «Проволока сварочная из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия»
- ГОСТ 23949-80 «Электроды вольфрамовые сварочные неплавящиеся. Технические условия»
- ГОСТ 10157-79 «Аргон газообразный и жидкий. Технические условия»
- ГОСТ 14806-80 «Дуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов в инертных газах. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры»
- ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
- ГОСТ 12.3.003-86 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности»
- СНиП 23-05-2010 «Естественное и искусственное освещение»
- ГОСТ 12.1.003-2014 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»
- СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы»
- СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
- ГОСТ Р 22.0.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения»

В настоящей работе использованы следующие сокращения:

- F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла;

- $F_{\text{пр}}$ – площадь поперечного сечения проплавленного металла;
- F – общая площадь поперечного сечения наплавленного и проплавленного металла;
- n – число проходов;
- $I_{\text{св}}$ – сила сварочного тока;
- J – допустимая плотность тока;
- $d_{\text{п}}$ – диаметр присадочной проволоки;
- $d_{\text{э}}$ – диаметр вольфрамового электрода;
- $U_{\text{д}}$ – оптимальное напряжение дуги;
- $\psi_{\text{пр}}$ – коэффициент формы провара;
- $V_{\text{св}}$ – скорость сварки;
- $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки;
- γ – плотность наплавленного металла;
- ψ – коэффициент потерь;
- $V_{\text{пп}}$ – скорость подачи присадочной проволоки;
- $q_{\text{п}}$ – погонная энергия;
- $\eta_{\text{и}}$ – эффективный коэффициент нагрева изделия дугой;
- δ – толщина свариваемого изделия;
- $G_{\text{н}}$ – масса наплавленного металла;
- ρ – плотность основного металла;
- $q_{\text{г}}$ – расход защитного газа;
- $l_{\text{ш}}$ – длина шва;
- $G_{\text{п}}$ – расход присадочной проволоки;
- $t_{\text{осн}}$ – основное время сварки.

Оглавление

Планируемые результаты обучения по программе	2
Реферат	10
Определения, сокращения и нормативные ссылки	11
Введение	16
1 Литературный обзор	18
2 Основной материал конструкции	22
2.1 Химический состав основного материала конструкции	22
2.2 Термическая обработка основного материала конструкции	22
2.3 Механические свойства основного материала конструкции	23
2.4 Применение основного материала конструкции	24
2.5 Свариваемость основного материала конструкции	24
3 Способ сварки	26
4 Выбор сварочных материалов	28
4.1 Выбор присадочной проволоки	28
4.2 Выбор неплавящегося электрода	30
4.3 Выбор защитного газа	32
4.4 Сводная таблица по выбранным сварочным материалам	33
5 Расчет режимов сварки	34
5.1 Определение типа сварного соединения	34
5.2 Определение геометрических размеров сварного шва	36
5.3 Определение числа проходов	36
5.4 Определение силы сварочного тока	37
5.5 Определение оптимального напряжения дуги	38
5.6 Определение коэффициента формы провара	38

5.7	Определение скорости сварки	39
5.8	Определение скорости подачи присадочной проволоки	40
5.9	Определение погонной энергии	40
5.10	Выбор расхода защитного газа	41
5.11	Определение расхода сварочных материалов	41
5.12	Сводная таблица режимов сварки	43
6	Выбор сварочного оборудования	44
7	Технология сборки и сварки	48
8	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	49
8.1	Предпроектный анализ	49
8.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	49
8.1.2	Анализ конкурентных технических решений	50
8.1.3	SWOT – анализ	51
8.2	Планирование научно-технической работы	53
8.2.1	Структура работ в рамках научно-технического исследования	53
8.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	54
8.2.3	Разработка графика проведения научно-технической работы	55
8.2.4	Бюджет научно-технического исследования	57
8.2.5	Расчет материальных затрат	58
8.2.6	Расчет амортизационных отчислений	60
8.2.7	Расчет заработной платы исполнителей	62
8.2.8	Отчисления во внебюджетные фонды	64
8.2.9	Расчет накладных расходов	65
8.2.10	Формирование сметы на научно-техническую работу	65
8.3	Определение эффективности научно-технического исследования	66

8.4 Заключение по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	68
9 Социальная ответственность	70
9.1 Введение	70
9.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	70
9.2.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	70
9.2.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	72
9.3 Производственная безопасность	73
9.3.1 Поражение электрическим током	75
9.3.2 Повышенная яркость света в процессе сварки	76
9.3.3 Повышенная температура поверхностей свариваемых заготовок	78
9.3.4 Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей среды	78
9.3.5 Большое давление в баллонах с аргоном	80
9.3.6 Механическая опасность	81
9.3.7 Недостаточная освещенность рабочей зоны	82
9.3.8 Повышенный уровень шума и вибрации	82
9.3.9 Неудовлетворительный микроклимат	85
9.4 Экологическая безопасность	86
9.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	87
9.6 Заключение по разделу «Социальная ответственность»	89
Заключение	90
Список используемых источников	91
Приложение А	93
Приложение Б	96
Приложение В	100

Введение

Актуальность. В настоящее время, сварка является лидирующим технологическим способом получения неразъёмного соединения металлоконструкций различного назначения. В свою очередь аргонодуговая сварка неплавящимся электродом в среде защитных газов имеет высокое применение на предприятиях различных отраслевых направлений за счет высокого качества сварного соединения, но данный вид сварки очень сильно зависит от квалификации сварщика. Алюминиевые сплавы, такие как дюралюмины (в том числе Д16), благодаря своей высокой прочности, коррозионностойкости и более легкому удельному весу, в сравнении со сталью, пользуется большим спросом в авиационной, космической и автомобильной промышленности. Из данного сплава изготавливаются силовые конструкционные элементы, такие как: каркасы, лонжероны, детали обшивки и тяги управления. Сварка силовых элементов конструкции является очень ответственным процессом, поэтому технология сварки сплава Д16 должна обеспечивать получение качественного сварного соединения. Но к сожалению, сварка дюралюминов затруднена из-за ряда факторов, влияющих на качество сварного шва. В связи с этим, множество предприятий сторонится сварки сплава Д16 и заменяют его другими сплавами, использование которых экономически менее выгодно. В данной работе будут изучены особенности сварки алюминиевого сплава Д16 и представлена методика получения качественного соединения из этого сплава. Предложенная в данной работе технология сварки алюминиевого сплава Д16 может помочь множеству предприятий повысить экономические показатели, производительность труда и качество свариваемых изделий.

Целью работы является: разработка технологического процесса аргонодуговой сварки неплавящимся электродом стыкового соединения листов из алюминиевого сплава Д16 толщиной 10 мм, с учетом всех особенностей данного сплава и негативных факторов, влияющих на процесс его сварки.

Для достижения цели требуется решить следующие задачи:

- Провести обзор литературы, в которой изложить все проблемы, возникающие при сварке алюминиевого сплава Д16 и как их можно предотвратить;
- Рассмотреть основной материал конструкции (химический состав, термическую обработку, механические свойства, применение, свариваемость);
- Выбрать способ сварки (автоматическая, ручная);
- Осуществить выбор сварочных материалов, а именно: присадочной проволоки, неплавящегося электрода, защитного газа;
- Рассчитать значения параметров режима сварки для выбранного способа сварки;
- Выбрать сварочное оборудование, которое может обеспечить расчётные значения параметров режима сварки;
- Рассчитать расход сварочных материалов, таких как присадочная проволока и защитный газ;
- Разработать технологию сборки и сварки изделия и сделать комплект технической документации.

После решения вышеизложенных задач, технология сборки и сварки стыкового соединения листов из сплава Д16 толщиной 10 мм будет доступна в приложениях: А – карта эскизов на процесс сборки и сварки, Б – маршрутная карта с описание технологического процесса, В – операционная карта с описание технологического процесса.

1 Литературный обзор

Алюминий – это легкий металл, имеющий плотность $2,7 \text{ г/см}^3$. Теплопроводность алюминия в три раза выше чем у малоуглеродистой стали. Температура плавления чистого алюминия 657°C [1]. При нагревании алюминий легко окисляется, образуя тугоплавкую окись алюминия (Al_2O_3), плавящуюся при температуре свыше 2060°C [1].

Алюминий и его сплавы широко применяются в промышленности благодаря своим физико-химическим свойствам. Но сварка алюминиевых сплавов затруднена из-за наличия на поверхности металла тугоплавкой оксидной пленки [2].

Для сварки алюминиевых сплавов широко используется ручная или автоматическая аргонодуговая сварка неплавящимся (вольфрамовым) электродом.

При сварке алюминиевых сплавов необходимо учитывать ряд основных факторов, влияющих на качество сварного шва, а именно:

- Наличие оксидной пленки;
- Высокая жидкотекучесть алюминия;
- Наличие водорода в материале при сварке;
- Большая величина коэффициента линейного расширения и низкий модуль упругости алюминия.

Разрушить оксидную пленку можно за счет катодного распыления, которое возникает при сварке на переменном токе или сварке на постоянном токе обратной полярности. При сварке на постоянном токе обратной полярности происходит сильный перегрев вольфрамового электрода, что значительно уменьшает срок его службы. Поэтому при сварке алюминиевых сплавов рациональнее использовать переменный ток, при котором, на прямой полярности происходит нагрев изделия, а на обратной – катодное распыление [2].

Наличие на поверхности алюминиевого сплава тугоплавкого окисла Al_2O_3 ($T_{\text{пл}} = 2050\text{ }^\circ\text{C}$) с плотностью больше, чем у алюминия, сильно затрудняет сплавление кромок соединения и способствует загрязнению металла шва частичками этой пленки [3]. Перед сваркой для удаления пленки требуется очистить поверхность кромок и прилегающего к ним основного металла. А также особенно тщательно очистить поверхность присадочного материала механическим путем или травлением. Оксидную пленку, которая образуется при сварке, удаляют либо катодным распылением, либо применением флюсов, которые обеспечивают её растворение или разрушение с переводом в летучее соединение. Так, например, при использовании флюсов состава 50% KCl ; 15% NaCl ; 35% Na_3AlF_2 происходит разрушение Al_2O_3 по реакции $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{KCl} = 2\text{AlCl}_3\uparrow + 3\text{K}_2\text{O}$ и растворение Al_2O_3 в криолите Na_3AlF_2 с образованием легкоплавкого шлака (NaCl снижает температуру плавления криолита) [3]. Криолит не только растворяет Al_2O_3 , но и изменяет поверхностное натяжение металла, что способствует образованию мелкокапельного переноса электродного металла. Остатки флюса и шлака (едкие щелочи) способствуют образованию коррозии основного материала конструкции. Поэтому при применении флюсов и покрытых электродов после сварки необходимо смывать остатки флюса и шлака горячей водой [3].

В связи с высокой жидкотекучестью алюминиевый сплав имеет свойство вытекать через корень шва в процессе сварки, когда прочность материала резко падает. Размеры сварочной ванны трудно контролировать, так как алюминий при нагреве практически не меняет своего цвета [3]. Для предотвращения провалов или прожогов при однослойной сварке или сварке первых слоев многопроходных швов на большой погонной энергии необходимо применять формирующие подкладки из графита, керамики или стали [3].

Также при сварке существует необходимость в очень тщательной химической очистке сварочной проволоки и механической очистке, обезжиривании свариваемых кромок, так как процесс сварки осложняет не только оксидная пленка, но и наличие водорода. В связи с резким повышением

растворимости газов в нагретом металле и задержкой их в металле при его остывании возникает интенсивная пористость, обусловленная водородом, приводящая к снижению прочности и пластичности металла [3]. Водород, растворенный в жидком металле, должен в количестве 90 – 95% своего объема выделиться из металла в момент его затвердевания, но этому препятствует пленка тугоплавких окислов и низкий коэффициент диффузии водорода в алюминии. Поры образуются преимущественно в металле шва; часто наблюдают поры у линии сплавления в связи с диффузией водорода из основного металла под действием термического цикла сварки [3]. Предварительный и сопутствующий подогрев до температуры 150 – 250 °С при сварке толстого металла замедляет кристаллизацию металла сварочной ванны, способствуя более полному удалению газов и уменьшению пористости [3].

В связи с большой величиной коэффициента линейного расширения и низким модулем упругости сплав имеет повышенную склонность к короблению. Чтобы избежать коробления в процессе сварки, необходимо прибегать к жесткому закреплению листов с помощью грузов или гидравлических прижимов на специальных стендах для сварки. Ввиду высокой теплопроводности алюминия приспособления следует изготавливать из материалов с низкой теплопроводностью (легированные стали и т.п.) [3].

В следствии литературного обзора по данной тематике и изучения свойств алюминиевых сплавов был выявлен ряд основных проблем, возникающих при сварке алюминия, которые будут учтены при разработке технологического процесса сварки алюминиевого сплава Д16. Ввиду этого при сварке Д16 будет использоваться: УШМ для механической очистки изделия от окисной пленки перед сваркой; источник питания, работающий на переменном токе, для разрушения, уже образовавшейся окисной пленки; графитовая, керамическая или стальная подкладка для предотвращения прожога корневого слоя шва; предварительный и сопутствующий подогрев до температуры 150 – 250 °С для полного удаления газов из металла шва и во избежание возникновения пор в сварной шве; сварочный кондуктор из стали с низкой теплопроводностью

для жесткого закрепления заготовок перед сваркой, чтобы избежать коробления в процессе сварки.

2 Основной материал конструкции

2.1 Химический состав основного материала конструкции

По ГОСТ 4784-97 дюралюминий Д16 относится к алюминиевым сплавам системы Al – Cu – Mg , содержащим до 94,7% алюминия. Остальное приходится на легируемые элементы – медь, магний, марганец, а также ряд других примесей [4]. В таблице 1 указана массовая доля каждого из элементов в % и плотность ρ в кг/дм³.

Таблица 1 – Химический состав Д16

Марка сплава	Al	Cu	Mg	Mn	Fe	Si	Cr	Ti	Zn	Ni	ρ
Д16	90,9- 94,7	3,8- 4,9	1,2- 1,8	0,3- 0,9	до 0,5	до 0,5	до 0,1	до 0,15	до 0,25	-	2,77

2.2 Термическая обработка основного материала конструкции

Термическая обработка алюминиевых сплавов основана на изменении растворимости промежуточных соединений в алюминии [5].

Основным легирующим элементом в дюралюмине является медь. Она при комнатной температуре растворяется в количестве 0,5%, а максимальная растворимость (при эвтектической температуре, равной 548 °С) составляет 5,7%. Следовательно, при содержании меди в алюминии до 5,7% сплав всегда можно перевести нагревом в однофазное состояние и зафиксировать его быстрым охлаждением. Но так как полученный твердый раствор содержит меди больше 0,5% и поэтому является перенасыщенным, с течением времени из него начнет выделяться избыточное количество CuAl_2 в виде мелкодисперсных включений. Этот процесс называется старением или дисперсионным твердением, так как он сопровождается значительным повышением твердости и прочности. Так, сплав алюминия с 4% меди в отожженном состоянии имеет временное сопротивление 200 Н/мм², в свежезакаленном – 250 Н/мм², а после старения – до 400 Н/мм² [5].

Установлено, что свойства дюралюмина после старения в значительной степени зависят от температуры закалки: чем выше температура закалки, тем больше прочность после старения. Однако нагрев выше определенной температуры вызывает перегрев – рост зерна, окисление и оплавление границ зерен, что приводит к катастрофическому падению прочности и пластичности [5].

Таким образом, чтобы увеличить прочность и пластичность сплава Д16 можно с помощью закалки и естественного или искусственного старения. При закалке данного сплава требуется нагреть изделие до температуры равной 490-500 °С, после чего нужно обеспечить высокую скорость охлаждения, то есть поместить изделие в холодную воду. После закалки изделие подвергают естественному старению при комнатной температуре равной 20 °С в течении 7 суток или осуществляют искусственное старение путем выдержки изделия при температуре 185-195 °С в течении 70 часов.

2.3 Механические свойства основного материала конструкции

По ГОСТ 21631-76 листы из сплава Д16 толщиной 10 мм после закалки и естественного старения обладают механическими свойствами, указанными в таблице 2 [6].

Таблица 2 – Механические свойства листов из сплава Д16Т при 20 °С

Временное сопротивление σ_B , Мпа (кгс/мм ²)	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, Мпа (кгс/мм ²)	Относительное удлинение δ , %
440 (45,0)	290 (29,5)	10,0

Также по ГОСТ 21631-76 производятся листы с нормальной плакировкой Д16А и технологической плакировкой Д16Б, данные листы обладают высокой пластичностью, но уступают сплаву Д16Т по прочностным характеристикам.

2.4 Применение основного материала конструкции

Алюминиевый сплав Д16 по твердости и механической прочности не уступает стали, но, в отличие от нее, обладает в 3 раза более легким удельным весом. Поэтому, он активно используется в машиностроении, особенно в авиационной и космической промышленности, при изготовлении силовых конструктивных элементов. Например, в авиатехнике из сплава Д16 изготавливают детали обшивки, каркасы, шпангоуты, нервюры, тяги управления, лонжероны. Так же из него изготавливают детали, работающие при температуре в пределах 120 – 230°C. Он применяется и в автомобильной промышленности для изготовления кузовов, труб и других достаточно прочных деталей.

2.5 Свариваемость основного материала конструкции

Алюминиевые сплавы разделяются на сплавы, не упрочняемые термообработкой, имеющие концентрацию легирующих элементов ниже предела растворимости при комнатной температуре, и сплавы, упрочняемые термообработкой, имеющие концентрацию легирующих элементов сверх этого предела [7].

Алюминиевый сплав Д16, как и прочие сплавы, называемые дюралюминами являются упрочняемыми. Поэтому данные сплавы после термической обработки, такой как закалка и последующее старение, приобретают высокие механические свойства. Эти сплавы удовлетворительно свариваются контактными способами сварки, в особенности точечной сваркой, однако плохо свариваются дуговой сваркой из-за образования горячих и холодных трещин в сварном шве. Трещины могут образоваться из-за неправильно подобранной присадочной проволоки, резкого нагрева и охлаждения металла, неправильно выбранного режима сварки, жесткости закрепления, неправильной проковки.

Чтобы предотвратить образование трещин и получить максимальную прочность сварного соединения нужно осуществить предварительный и сопутствующий подогрев всей конструкции до температуры 200 – 250°C, подобрать присадочную проволоку полностью подходящую по химическому составу к основному материалу конструкции, обеспечить оптимальные условия охлаждения, подобрать мягкий режим сварки, осуществить жесткое и неподвижное закрепление конструкции и правильно снять остаточные напряжения, во избежание сварочных деформаций.

3 Способ сварки

Согласно цели работы требуется разработать технологический процесс аргонодуговой сварки неплавящимся электродом алюминиевого сплава Д16. Для этого нужно подробно изучить данный способ сварки, чтобы в последствии рассчитать режимы сварки, полностью подходящие для данного сплава.

Аргонодуговая сварка неплавящимся (вольфрамовым) электродом – это дуговая сварка в среде инертного газа аргона, которая осуществляется вручную или автоматически. Таким образом, следует произвести выбор между ручным и автоматическим способом сварки. Отличие заключается в том, что при ручной аргонодуговой сварке, сварщик самостоятельно подает присадочную проволоку и разогревает металл сварочной ванны, специальной сварочной горелкой, соответственно скорость сварки и качество полученного соединения ограничено лишь квалификацией сварщика. При автоматической аргонодуговой сварке сварочная горелка перемещается автоматически, а присадочная проволока подается механизировано, что позволяет сварщику ввести, уже рассчитанные параметры сварки с помощью пульта управления и наблюдать за процессом сварки.

Аргонодуговую сварку можно производить лишь в благоприятных комнатных условиях, где отсутствуют ветра, сквозняки и т.д. Только в благоприятных производственных условиях можно добиться качественного сварного соединения с помощью этого способа сварки, таким образом этот способ имеет место быть только на предприятиях, а не в полевых условиях. Способ сварки сам по себе дорогой из-за инертного (защитного) газа аргона, который в свою очередь предоставляет надежную изоляцию от окружающей среды. Так как высокая квалификация сварщика при ручной аргонодуговой сварке является главным условием получения качественного сварного соединения, а сварка сплава Д16 отличается трудновыполнимостью и дороговизной, лучше автоматизировать данный процесс сварки, чтобы уменьшить вероятность возникновения производственного брака.

Автоматизация данного процесса окупится довольно-таки быстро при массовом производстве. Также преимуществом при выборе автоматической аргонодуговой сварки в сравнении с ручной, является высокая скорость сварки. Высокая скорость сварки значительно увеличивает производительность и уменьшает уровень тепловложения в основной металл, что в свою очередь обеспечивает улучшение механических характеристик и снижает уровень деформации свариваемого сплава.

4 Выбор сварочных материалов

Для осуществления процесса аргонодуговой сварки неплавящимся электродом потребуются сварочные материалы, такие как: присадочная проволока, вольфрамовые электроды и защитный газ. Каждый из указанных сварочных материалов следует выбрать согласно государственным стандартам по сварке алюминиевых сплавов и литературным рекомендациям на предмет сварки алюминиевого сплава Д16.

Также, для технологического процесса автоматической аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом данного сплава понадобится съемная (керамическая или стальная) подкладка, во избежание прожога корня шва, и выводные планки, для предотвращения возникновения дефектов в начале и конце сварного шва, так как скорость сварки при автоматической аргонодуговой сварке достаточно высокая. В качестве съемной подкладки для сварки Д16 хорошо подойдет подкладка, сделанная из керамики. Она несколько дешевле стальной, но на качество сварного шва это никак не влияет. Материал выводных планок должен полностью соответствовать материалу свариваемых заготовок. Следовательно, для сварки могут подойти только выводные планки из алюминиевого сплава Д16.

4.1 Выбор присадочной проволоки

Согласно ГОСТ 7871-75 существует четырнадцать марок проволоки для сварки сплавов из алюминия, они приведены в таблице 3, где указаны марки сплавов проволоки и массовая доля элементов в % [8]. Нужно выбрать такую присадочную проволоку, которая обеспечит наилучший химический состав сварного шва.

Таблица 3 – Сварочные проволоки для сварки алюминиевых сплавов по ГОСТ 7871-75

Марки сплавов	Al	Mg	Mn	Fe	Si	Ti	Be	Zr
СВА99	Не менее 99,99	-	-	-	-	-	-	-
СВА97	Не менее 99,97	-	-	-	-	-	-	-
СВА85Т	Остальное	-	-	-	-	0,2-0,5	-	-
СВА5	Не менее 99,5	-	-	0,2-0,35	0,1-0,25	-	-	-
СВАМц	Остальное	-	1,0-1,5	0,3-0,5	0,2-0,4	-	-	-
СВАМг3	То же	3,2-3,8	0,3-0,6	-	0,5-0,8	-	-	-
СВАМг5	“	4,8-5,8	0,5-0,8	-	-	0,1-0,2	0,002-0,005	-
СВ1557	“	4,5-5,5	0,2-0,6	-	-	Хром 0,07-0,15	0,002-0,005	0,2-0,35
СВАМг6	“	5,8-6,8	0,5-0,8	-	-	0,1-0,2	0,002-0,005	-
СВАМг63	“	5,8-6,8	0,5-0,8	-	-	-	0,002-0,005	0,15-0,35
СВАМг61	“	5,5-6,5	0,8-1,1	-	-	-	0,0001-0,0003	0,002-0,12
СВАК5	“	-	-	-	4,5-6,0	0,1-0,2	-	-
СВАК10	“	-	-	-	7,0-10,0	-	-	-
СВ1201	“	Медь 6,0-6,8	0,2-0,4	-	Ванадий 0,05-0,15	0,1-0,2	-	0,1-0,25

Для того, чтобы предотвратить возникновение горячих трещин при сварке, нужно добиться баланса прочности и пластичности в металле сварного шва. В химическом составе сплава Д16 марганца содержится от 1,2 до 1,8%, это достаточно много, так как марганец существенно увеличивает твердость, износостойчивость, стойкость при ударных нагрузках. Чтобы помимо

твердости металл сварного шва обладал пластичностью необходима добавка кремния, который, в свою очередь, увеличивает упругость и стойкость против образования трещин. Также можно добавить немного титана, который увеличивает прочность, обрабатываемость и коррозионностойкость. Таким образом, лучше всего по химическому составу при сварке сплава Д16 подойдет проволока СвАК5, с относительно большим содержанием кремния 4,5-6% и небольшим содержанием титана 0,1-0,2%.

4.2 Выбор неплавящегося электрода

В качестве неплавящегося электрода при сварке алюминиевых сплавов, в том числе Д16, применяют вольфрам с добавками лантана, иттрия и других элементов. Использование чистого вольфрама не рекомендуется. Отмеченные примеси придают электроду повышенную стойкость, обеспечивают большую плотность тока и другие преимущества [7].

Согласно ГОСТ 23949-80 существует шесть марок вольфрамовых электродов, они приведены в таблице 4, где указаны марки неплавящихся электродов и массовая доля элементов в % [9].

Таблица 4 – Химический состав вольфрамовых электродов по ГОСТ 23949-80

Марка Электрода	Вольфрам, не менее	Окись лантана	Окись иттрия	Двуокись тория	Тантал	Примеси, не более
ЭВЧ	99,92	-	-	-	-	0,08
ЭВЛ	99,95	1,1-1,4	-	-	-	0,05
ЭВИ-1	99,89	-	1,5-2,3	-	-	0,11
ЭВИ-2	99,95	-	2,0-3,0	-	0,01	0,05
ЭВИ-3	99,95	-	2,5-3,5	-	0,01	0,05
ЭВТ-15	99,91	-	-	1,5-2,0	-	0,09

Электроды из сплава вольфрама с оксидом лантана La_2O_3 имеют очень легкий первоначальный запуск дуги, низкую склонность к прожогам,

устойчивую дугу и отличную характеристику повторного зажигания дуги. Добавление 1,0-2,0% оксида лантана увеличивает максимальный ток, несущая способность электрода примерно на 50% больше для данного типоразмера при сварке на переменном токе, чем чисто вольфрамового. По сравнению с цериевыми и ториевыми, лантановые электроды имеют меньший износ рабочего конца электрода. Лантановые электроды более долговечны и меньше загрязняют вольфрамом сварной шов. При сварке на переменном синусоидальном токе рабочий конец электрода должен иметь сферическую форму.

Согласно вышеуказанной рекомендации выберем электрод марки ЭВЛ для сварки сплава Д16.

Размеры электродов с предельными отклонениями в мм марки ЭВЛ представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Размеры и предельные отклонения электродов марки ЭВЛ по ГОСТ 23949-80

Марка	Номинальный диаметр	Предельное отклонение	Длина
ЭВЛ	1,0; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0;	$\pm 0,1$	75 ± 1 ; 150 ± 1
	5,0; 6,0; 8,0; 10,0	$\pm 0,2$	200 ± 2 ; 300 ± 2

Рекомендуемые размеры диаметра вольфрамовых электродов в зависимости от толщины свариваемого алюминиевого сплава при сварке неплавящимся электродом в среде защитного газа указаны в таблице 6, где толщина металла и диаметр электродов указан в мм [7].

Таблица 6 – Зависимость диаметра вольфрамового электрода от толщины свариваемого изделия

Толщина металла, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм
1...2	2
3...4	3
4...6	4
6...10	5
11...15	6

Таким образом, выберем вольфрамовый электрод марки ЭВЛ диаметром 5 мм, для сварки листов из сплава Д16 толщиной 10 мм.

4.3 Выбор защитного газа

При сварке алюминиевых сплавов используют аргон высшего и первого сорта по ГОСТ 10157-79 [7]. В таблице 7 указаны физико-химические показатели газообразного и жидкого аргона [10].

Таблица 7 – физико-химические показатели газообразного и жидкого аргона по ГОСТ 10157-79

Наименование показателя	Высший сорт	Первый сорт
Объемная доля аргона, %, не менее	99,993	99,987
Объемная доля кислорода, %, не более	0,0007	0,002
Объемная доля азота, %, не более	0,005	0,01
Объемная доля водяных паров, %, не более, что соответствует температуре насыщения аргона водяными парами при давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.), °С, не выше	0,0009 Минус 61	0,001 Минус 58
Объемная доля суммы углеродосодержащих соединений в пересчете на CO ₂ , %, не более	0,0005	0,001

Применение аргона и высшего, и первого сорта подойдет для сварки сплава Д16. Аргон высшего сорта в основном применяют для особо ответственных конструкций, а первого сорта для сплавов менее чувствительных к примесям кислорода и азота. Так как моей целью является получить сварной шов наилучшего качества, выберем аргон высшего сорта в качестве защитного газа для сварки сплава Д16.

4.4 Сводная таблица по выбранным сварочным материалам

Таким образом, все выбранные сварочные материалы представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты выбора сварочных материалов

Сварочный материал	Марка/сорт выбранного сварочного материала	Примечание
Присадочная проволока	СвАК5	По ГОСТ 7871-75
Вольфрамовый электрод	ЭВЛ	По ГОСТ 23949-80
Защитный газ	Аргон высшего сорта	По ГОСТ 10157-79
Съемная подкладка	–	Из керамики
Выводные планки	–	Из алюминиевого сплава Д16

Данные сварочные материалы будут задействованы при расчете режимов сварки и составлении маршрутных, операционных карт описания технологического процесса автоматической аргонодуговой сварки сплава Д16.

5 Расчет режимов сварки

Расчет режимов сварки является неотъемлемой частью разработки технологии сварки того или иного изделия. Целью расчета режимов сварки является определение основных параметров выбранного ранее способа сварки. Для автоматической аргонодуговой сварки неплавящимся электродом основными параметрами для расчета являются:

- сила сварочного тока
- напряжение электрической дуги
- скорость сварки
- скорость подачи присадочной проволоки

Расчет режимов сварки начинается с определения геометрических размеров сварного шва. Однако, для определения этих размеров требуется сначала выбрать тип сварного соединения.

5.1 Определение типа сварного соединения

Согласно рекомендациями по типам соединений и подготовке кромок при автоматической аргонодуговой сварке вольфрамовым электродом (таблица 9) предлагается тип разделки кромок С17 [11].

Таблица 9 – Стыковое соединение, подготовка кромок при автоматической аргонодуговой сварке вольфрамовым электродом

Форма разделки кромок под сварку	Толщина материала δ , мм	Величина зазора S , мм, при сварке		h , мм	r , мм
		Без присадки	С присадкой		
	3-12	-	0,5-1	1,5-2	-

С учетом вышеизложенной информации о жидкотекучести свариваемого сплава Д16 по ГОСТ 14806-80 выбираем тип разделки кромок С18, со съемной подкладкой [12]. Все основные размеры, такие как угол разделки кромок, притупление, зазор изображены на рисунке 2.

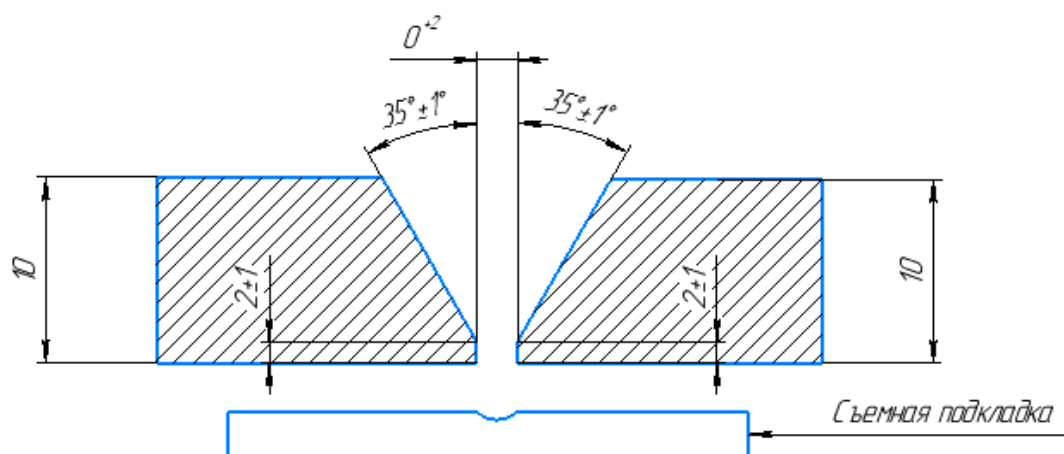


Рисунок 1 – Размеры подготовленных кромок сварных деталей сварного соединения С18 по ГОСТ 14806-80

5.2 Определение геометрических размеров сварного шва

Геометрия шва должна соответствовать государственному стандарту на выбранный ранее способ сварки, в нашем случае размеры соответствуют ГОСТ 14806-80. На рисунке 3 показаны геометрические размеры сварного шва.

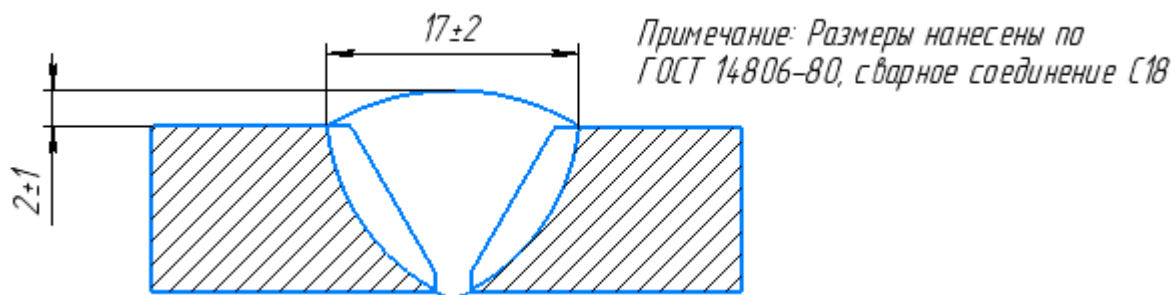


Рисунок 2 – Сварное соединение С18, геометрические размеры сварного шва

5.3 Определение числа проходов

По геометрическим размерам сварного шва рассчитаем общую площадь поперечного сечения наплавленного металла. Разобьем общую площадь наплавленного металла в сечении на четыре участка с площадями $F1$ (площадь сегмента), $F2$ (площадь прямоугольного треугольника) и $F3$ (площадь прямоугольника), как показано на рисунке 4. Вычислим каждую площадь по отдельности и сложим их, чтобы получить искомую площадь поперечного сечения наплавленного металла.

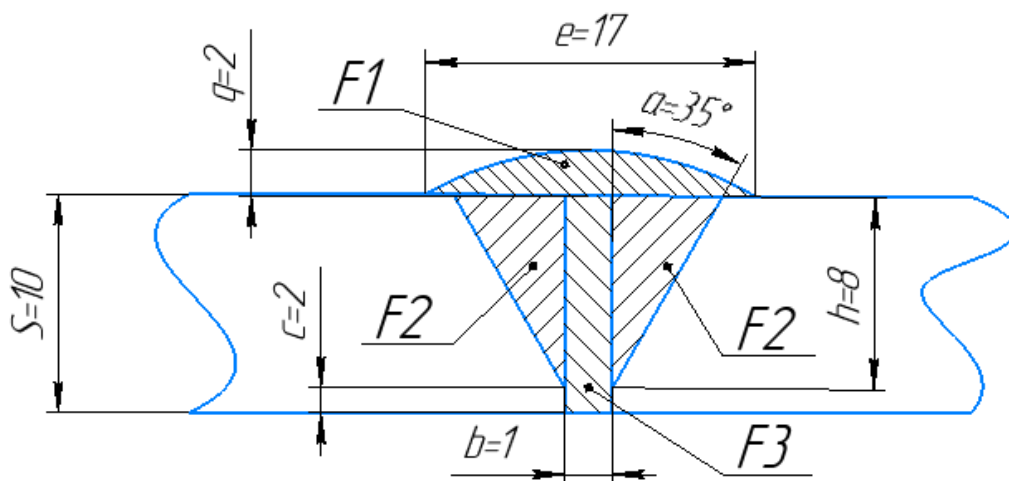


Рисунок 3 – Площадь поперечного сечения наплавленного металла

$$F_H = 2 \cdot F_2 + F_3 + F_1 = h^2 \cdot tg(a) + b \cdot S + 0,75 \cdot e \cdot q = 44,8 + 10 + 25,5 = 80,3 \text{ мм}^2 \quad (1)$$

Общую площадь поперечного сечения наплавленного и расплавленного металла найдем по формуле:

$$F = 0,73 \cdot e \cdot (S + q) = 148,9 \text{ мм}^2 \quad (2)$$

Находим площадь поперечного сечения проплавленного металла:

$$F_{\text{пр}} = F - F_H = 148,9 - 80,3 = 68,6 \text{ мм}^2 \quad (3)$$

Площадь наплавленного металла за 1 проход при сварке в защитных газах проволокой диаметром 1,2...1,4 мм в нижнем положении должна быть 20...30 мм², второго – 25...60 мм², последующих 40...70 мм². При сварке проволокой диаметром 1,6...2 мм площадь первого прохода 20...40 мм², второго – 40...60 мм², последующих 40...100 мм² [13].

Принимаем для первого прохода проволоку диаметром 1,6 мм:

$$F_1 = 30 \text{ мм}^2$$

Для последующих проходов примем проволоку диаметром 2 мм:

$$F_H = 50 \text{ мм}^2$$

Число проходов рассчитываем по формуле:

$$n = \frac{F_H - F_1}{F_H} + 1 = \frac{80,3 - 30}{50} + 1 = 2 \quad (4)$$

Таким образом, сварку можно будет осуществить за 2 прохода.

5.4 Определение силы сварочного тока

Рассчитаем силу сварочного тока для первого слоя шва:

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{п}}}{4} J = \frac{3,14 \cdot 1,6}{4} \cdot 150 = 190 \text{ А} \quad (5)$$

Где $d_{\text{п}}$ – диаметр присадочной проволоки;

J – допустимая плотность тока, для диаметра электродной проволоки лежит в пределах от 65 до 200 А/мм²[13]. Примем $J = 150 \text{ А/мм}^2$.

$$I_{\text{св}} = (180 \div 200) \text{ А} \quad (6)$$

Рассчитаем силу сварочного тока для второго слоя шва:

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{п}}}{4} J = \frac{3,14 \cdot 2}{4} \cdot 150 = 235 \text{ А} \quad (7)$$

$$I_{\text{св}} = (225 \div 245) \text{ A} \quad (8)$$

5.5 Определение оптимального напряжения дуги

Для принятого диаметра присадочной проволоки и силы тока определяем оптимальное напряжение дуги [13].

Для первого прохода:

$$U_{\text{д}} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{\text{п}}}} \cdot I_{\text{св}} \pm 1 = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,6}} \cdot 190 \pm 1 = 24 \pm 1 \text{ В} \quad (9)$$

Для второго прохода:

$$U_{\text{д}} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{\text{п}}}} \cdot I_{\text{св}} \pm 1 = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2}} \cdot 235 \pm 1 = 27 \pm 1 \text{ В} \quad (10)$$

5.6 Определение коэффициента формы провара

Для первого прохода:

$$\psi_{\text{пр}} = k \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{\text{св}}) \cdot \frac{d_{\text{п}} \cdot U_{\text{д}}}{I_{\text{св}}} = 1 \cdot (19 - 0,01 \cdot 190) \cdot \frac{1,6 \cdot 24}{190} = 3,5 \quad (11)$$

k – коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности.

При сварке на переменном токе во всем диапазоне плотностей тока $k = 1$.

Для второго прохода:

$$\begin{aligned} \psi_{\text{пр}} &= k \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{\text{св}}) \cdot \frac{d_{\text{п}} \cdot U_{\text{д}}}{I_{\text{св}}} = 1 \cdot (19 - 0,01 \cdot 235) \cdot \frac{2 \cdot 27}{235} = \\ &= 3,8 \end{aligned} \quad (12)$$

Значение коэффициента формы провара $\psi_{\text{пр}}$ должно лежать в интервале от 0,8 до 4, в данном случае значения для двух проходов входят в указанный интервал [13].

5.7 Определение скорости сварки

Для определения скорости сварки нужно воспользоваться формулой:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{н}}} \quad (13)$$

Где $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки, г/Ач;

γ – плотность наплавленного металла, г/см³;

Для проволоки СВАК5 значение плотности $\gamma = 2,65$ г/см³

Для определения $\alpha_{\text{н}}$ воспользуемся следующей формулой:

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} \cdot (1 - \psi) \quad (14)$$

Где ψ – коэффициент потерь, который определяется:

$$\psi = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot J - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot J^2 = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 150 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 150^2 = 11,6\% \quad (15)$$

Рассчитаем значение $\alpha_{\text{р}}$ для первого прохода:

$$\alpha_{\text{р}} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{\text{св}}} \cdot \frac{l}{d_{\text{п}}^2} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{190} \cdot \frac{1,5}{0,16^2} = 11,55 \text{ г/А} \cdot \text{ч} \quad (16)$$

Рассчитаем значение $\alpha_{\text{р}}$ для второго прохода:

$$\alpha_{\text{р}} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{\text{св}}} \cdot \frac{l}{d_{\text{п}}^2} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{235} \cdot \frac{1,5}{0,2^2} = 10,83 \text{ г/А} \cdot \text{ч} \quad (17)$$

Где l – величина вылета присадочной проволоки, выбирают в пределах от 10 до 20 [13]. Принимаем $l = 15$ мм.

Рассчитаем значение $\alpha_{\text{н}}$ для первого прохода:

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} \cdot (1 - \psi) = 11,55 \cdot (1 - 0,116) = 10,21 \text{ г/А} \cdot \text{ч} \quad (18)$$

Рассчитаем значение $\alpha_{\text{н}}$ для второго прохода:

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} \cdot (1 - \psi) = 10,83 \cdot (1 - 0,116) = 9,57 \text{ г/А} \cdot \text{ч} \quad (19)$$

Найдем скорость сварки для первого и второго прохода.

Скорость сварки для первого прохода:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{н}}} = \frac{10,21 \cdot 190}{3600 \cdot 2,64 \cdot 0,3} = 0,68 \text{ см/с} = 24,48 \text{ м/ч} \quad (20)$$

Скорость сварки для второго прохода:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{н}}} = \frac{9,57 \cdot 235}{3600 \cdot 2,64 \cdot 0,5} = 0,47 \text{ см/с} = 16,92 \text{ м/ч} \quad (21)$$

5.8 Определение скорости подачи присадочной проволоки

Рассчитаем скорость подачи присадочной проволоки для двух проходов [13].

Скорость подачи присадочной проволоки для первого прохода:

$$V_{\text{пп}} = \frac{\alpha_{\text{р}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{эл}}} = \frac{11,55 \cdot 190}{3600 \cdot 2,64 \cdot 0,02} = 11,54 \text{ см/с} = 415,44 \text{ м/ч} \quad (22)$$

Скорость подачи присадочной проволоки для второго прохода:

$$V_{\text{пп}} = \frac{\alpha_{\text{р}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{эл}}} = \frac{10,83 \cdot 235}{3600 \cdot 2,64 \cdot 0,03} = 8,93 \text{ см/с} = 321,48 \text{ м/ч} \quad (23)$$

5.9 Определение погонной энергии

Рассчитаем погонную энергию.

Для первого слоя шва:

$$q_{\text{п}} = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{и}}}{V_{\text{св}}} = \frac{190 \cdot 24 \cdot 0,82}{0,68} = 5499 \text{ Дж/см} \quad (24)$$

Где $\eta_{\text{и}}$ – эффективный КПД нагрева изделия дугой, для сварки в защитных газах должен находить от 0,8 до 0,84. Принимаем $\eta_{\text{и}} = 0,82$

Для второго слоя шва:

$$q_{\text{п}} = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{и}}}{V_{\text{св}}} = \frac{235 \cdot 27 \cdot 0,82}{0,47} = 11070 \text{ Дж/см} \quad (25)$$

5.10 Выбор расхода защитного газа

Расход защитного газа (аргона) выберем согласно рекомендации по аргонодуговой сварке алюминиевых сплавов [7]. В таблице 10 представлены рекомендуемые режимы сварки для стыковых соединений сплавов алюминия, где δ – толщина свариваемого изделия, $d_э$ – диаметр электродной проволоки, $I_{св}$ – сварочный ток, U_d – оптимальное напряжение дуги, $V_{св}$ – скорость сварки.

Таблица 10 – Рекомендуемые режимы аргонодуговой сварки алюминиевых сплавов

δ , мм	$d_э$, мм	$I_{св}$, А	U_d , В	$V_{св}$, м/ч	Расход Ar, л/мин	Число проходов
4...6	1,5...2,0	140...220	19...22	25...30	6...10	2
8...10	1,5...2,0	220...300	20...25	20...25	8...10	2
12	2	280...300	20...25	15...20	8...10	2

Видно, что рассчитанные ранее режимы сварки входят в промежутки параметров режимов сварки, указанных в таблице. Таким образом, для сварки сплава Д16 толщиной 10 мм принимаем расход аргона, равный 10 л/мин.

5.11 Определение расхода сварочных материалов

В процессе аргонодуговой сварки неплавящимся электродом затрачиваются сварочные материалы, такие как:

- Защитный газ (аргон);
- Присадочная проволока (СвАК5).

Определение расхода вышеперечисленных сварочных материалов играет большую роль при расчете материальных затрат на научно-техническое исследование и последующего составления сметы на осуществление проекта.

Сначала требуется определить массу наплавленного металла по формуле:

$$G_n = \rho F_n l_{ш} = 2,78 \times 10 \times 0,803 = 22,3 \text{ г} \quad (26)$$

где ρ – плотность металла, г/см³, $\rho = 2,78 \text{ г/см}^3$ – для алюминиевого

сплава Д16;

F_H – площадь наплавленного металла за два прохода, $F_H = 0,803 \text{ см}^2$;

$l_{ш}$ – длина шва, см. Принимаем $l_{ш} = 10 \text{ см}$.

Расход присадочной проволоки можно определить по формуле:

$$G_{п} = \frac{G_H}{1-\psi} = \frac{22,3}{1-0,2} = 27,9 \text{ г} \quad (27)$$

где ψ – коэффициент потерь в аргоне, варьируется от 0,05 до 0,25.

Принимаем $\psi = 0,2$.

Определить основное время сварки для первого и второго прохода можно по формуле:

$$t_{\text{осн}} = \frac{l_{ш}}{V_{\text{св}}^{1п}} + \frac{l_{ш}}{V_{\text{св}}^{2п}} = \frac{10}{0,68} + \frac{10}{0,47} = 36 \text{ с} = 0,6 \text{ мин} \quad (28)$$

где $V_{\text{св}}^{1п}$ – скорость сварки первого прохода;

$V_{\text{св}}^{2п}$ – скорость сварки второго прохода.

Расход защитного газа, требуемого для сварки шва длиной 10 см можно вычислить по формуле:

$$Q_{\Gamma} = t_{\text{осн}} \times q_{\Gamma} = 0,6 \times 10 = 6 \text{ л} \quad (29)$$

где q_{Γ} – расход аргона, равный 10 л/мин

Полученные значения расхода сварочных материалов представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Расход сварочных материалов

Расход присадочной проволоки, г	Расход аргона, л
27,9	6

Таким образом, для аргонодуговой сварки алюминиевого сплава Д16 толщиной 10 мм, при длине шва 100 мм, требуется 27,9 г присадочной проволоки и 6 л защитного газа – аргона.

5.12 Сводная таблица режимов сварки

Результаты расчета режимов сварки приведены в таблице 12.

Таблица 12 – результаты расчета режимов сварки

№ прохода	$d_э$, мм	$d_п$, мм	$I_{св}$, А	$U_д$, В	$V_{св}$, м/ч	$V_{пп}$, м/ч	$q_г$, л/мин
1	5	1,6	180-200	24±1	24-25	415-416	10
2	5	2	230-240	27±1	16-17	321-322	10

Где $d_э$ – диаметр вольфрамовой проволоки;

$d_п$ – диаметр присадочной проволоки;

$I_{св}$ – сварочный ток;

$U_д$ – оптимальное напряжение дуги;

$V_{св}$ – скорость сварки;

$V_{пп}$ – скорость подачи присадочной проволоки;

$q_г$ – расход защитного газа (аргона).

По данным таблицы 12 следует произвести выбор подходящего для рассчитанных режимов сварочного оборудования.

6 Выбор сварочного оборудования

Выбор аппарата для автоматической аргонодуговой сварки неплавящимся электродом производится с помощью рассчитанных параметров. Нужно подобрать такой сварочный автомат, чтобы все рассчитанные параметры входили в диапазон технических характеристик выбранного сварочного автомата. Изучив литературу по данной теме, можно выделить два типа, наиболее распространенных сварочных автоматов для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом [14]:

- Автоматы типа АДСВ
- Автоматы типа АРК

Автоматы типа АРК, предназначены для дуговой сварки в среде защитных газов на постоянном и переменном токе, плавящимся и неплавящимся вольфрамовым электродом швов деталей из углеродистых, нержавеющей, жаропрочных сталей, титана, легких сплавов (алюминиевых, магниевых и др. металлов) толщиной от 0,8 мм и выше [14].

Автоматы типа АДСВ предназначены для сварки неплавящимся электродом переменным током сталей, титана, алюминиевых и магниевых сплавов и других материалов. Таким образом, сварочные автоматы двух этих типов нам подходят, так как могут обеспечить аргонодуговую сварку неплавящимся электродом на переменном токе алюминиевых сплавов (в том числе сплава Д16). Чтобы выбрать наиболее подходящий, для рассчитанных режимов сварки, сварочный автомат, рассмотрим технические характеристики четырех автоматов, а именно: АДСВ-1, АДСВ-2, АРК-1 и АРК-2. Технические характеристики этих автоматов представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Технические характеристики сварочных автоматов типа АРК и АДСВ

Тип автомата	АРК-1	АРК-2	АДСВ-1	АДСВ-2
Толщина свариваемых алюминиевых сплавов в мм	От 0,8	От 0,8	От 1,5	От 1,5
Максимальный сварочный ток в А: переменный	400	400	400	400
постоянный	500	500	-	-
Диаметр неплавящегося электрода в мм	1–6	1–6	1–6	1–6
Диаметр присадочной проволоки в мм	1–2,5	1–2,5	1–3,0	1–3,0
Напряжение питающей сети в В	220/380	220/380	220/380	220/380
Скорость сварки в м/ч	10–100	10–85	12–100	10–80
Скорость подачи присадочной проволоки в м/ч	10–500	10–800	100– 1000	100–800
Общая масса в кг	2737	2970	79,3	131

Если сопоставить данные таблицы 12 (результаты расчета режимов сварки) и таблицы 13 (технические характеристики сварочных автоматов) становится ясно, что все четыре сварочных автомата подойдут для сварки сплава Д16 толщиной 10 мм с рассчитанными ранее режимами сварки. Данные сварочные автоматы различаются своим функционалом, аппараты типа АДСВ предназначены только для сварки неплавящимся электродами на переменном токе, в то время как, аппараты типа АРК могут производить сварку плавящимся и неплавящимся электродом на постоянном и переменном токе. Для сварки алюминиевого сплава Д16 толщиной 10 мм, будет достаточным использование сварочного автомата с узким диапазоном задаваемых параметров, такого как АДСВ-2.

К сожалению, такие сварочные автоматы, как АДСВ-1, АДСВ-2, АРК-1 и АРК-2 уже не производятся, они были разработаны НИАТом еще во времена

СССР и тогда же выпускались, их можно приобрести лишь с рук у машиностроительных предприятий, которые по сей день продолжают ими пользоваться. Но вероятность того, что их кто-то продаст крайне мала из-за того, что станки и сварочные автоматы, произведенные еще во времена СССР, отличаются необыкновенным качеством, точностью и долговечностью при правильном использовании. На сегодняшний день существуют аналоги этих сварочных автоматов, такие как АДСВ-6М, АРК-4А и АРК-4М, но они изготавливаются только под заказ предприятием ПАО «Электромеханика». На сайте изготовителя очень мало информации о технических характеристиках данных автоматов. Тем не менее по предоставленным характеристикам сварочного автомата АДСВ-6М можно понять, что он подойдет для сварки сплава Д16 толщиной 10 мм. Автомат «АДСВ-6М» предназначен для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом нержавеющей сталей, титановых и алюминиевых сплавов постоянно горячей или импульсной дугой постоянного или переменного тока. Сварка ведется как с подачей присадочной проволоки, так и без неё. Технические характеристики автомата АДСВ-6М представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Технические характеристики сварочного автомата типа АДСВ-6М

Тип автомата	АДСВ-6М
Напряжение питающей сети, В	380/220
Номинальный ток, А при ПВ = 60%	315
Диаметр вольфрамового электрода, мм	1–5
Диаметр присадочной проволоки, мм	0,8–2
Диапазон регулирования скорости сварки, м/ч	8–110
Диапазон регулирования скорости подачи присадочной проволоки, м/ч	100–1000
Масса, кг	745

Таким образом, сварочный автомат АДСВ-6М по своим техническим характеристикам схож с АДСВ-1 и АДСВ-2, он также подходит под

рассчитанные параметры режима сварки. Выберем данный сварочный автомат, так как он на сегодняшний день производится и его стоимость будет намного ниже зарубежных автоматов фирмы ESAB и Lincoln Electric.

7 Технология сборки и сварки

По итогам анализа основного материала конструкции, с соблюдением ряда особенностей сварки сплава Д16, выбора сварочных материалов, расчета параметров режима сварки и выбора сварочного оборудования составлен комплект технической документации для сборки и сварки изделий в производственных условиях. В данной документации содержится технология сборки и сварки листов из алюминиевого сплава Д16 толщиной 10 мм.

Комплект документов состоит из титульного листа, карт эскизов на сборочную и сварочную операцию, маршрутной карты и операционной карты с пошаговым описанием процесса подготовки деталей под сварку и процессом сварки. Данные документы приведены в приложениях А, Б и В.

8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

8.1 Предпроектный анализ

8.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Чтобы определить потенциальных потребителей данной технологии сварки необходимо изучить целевой рынок, а также провести его сегментирование. Основными продуктами, получаемыми в ходе данного исследования, являются силовые конструкционные элементы. В целевой рынок входят, как коммерческие, так и государственные организации отраслей автостроения, судостроения, авиастроения, приборостроения и многих других. Производим сегментирование рынка для реализации технологического процесса сварки алюминиевого сплава Д16 толщиной 10 мм по критериям: сферы использования и классификации организаций (таблица 15).

Таблица 15 – Сегментирование рынка

		Сфера использования		
		Автостроение	Авиастроение	Судостроение
Классификация организаций	Частные мелкие	-	-	-
	Частные крупные	+/-	+/-	+/-
	Государственные	+	+	+

Проанализировав сегментирование рынка, можно сделать вывод, что для реализации продукции по разработанной технологии подойдет в большей степени для государственных организаций и частично для крупных частных предприятий.

8.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности разработки и определить направление для его будущего повышения. Сварка алюминиевых сплавов, а в частности Д16, обычно производится контактной точечной сваркой или аргонодуговой сваркой, поэтому для сравнения возьмем три вида сварки: точечную контактную сварку, ручную аргонодуговую сварку неплавящимся электродом и автоматическую аргонодуговую сварку неплавящимся электродом (таблица 16).

Таблица 16 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Качество сварного соединения	0,3	5	2	4	1,5	0,6	1,2
Производительность труда	0,2	5	1	3	1	0,2	0,6
Сварка основных видов сварных соединений (стыковые, угловые, нахлесточные, тавровые)	0,1	5	5	2	0,5	0,5	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
Цена	0,1	1	4	1	0,1	0,4	0,1
Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	5	3	5	1	0,6	1
Конкурентоспособность работы	0,1	5	2	4	0,5	0,2	0,4
Итого	1	26	17	19	4,6	2,5	3,5

Б_ф – автоматическая аргонодуговая сварка неплавящимся электродом;

Б_{к1} – ручная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом

Б_{к2} – точечная контактная сварка

К_ф, К_{к1}, К_{к2} – конкурентоспособность разработки для соответствующих способов сварки

В таблице представлены основные конкуренты и критерии оценки

конкурентной способности. Каждый показатель оценивается по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Вес показателей определяется в соответствии с их значимостью и в сумме составляет единицу.

По таблице 16 видно, что автоматическая аргонодуговая сварка неплавящимся электродом алюминиевого сплава Д16 может конкурировать с точечной контактной сваркой и ручной аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом.

8.1.3 SWOT – анализ

SWOT – анализ позволяет рассмотреть и выявить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы технологического процесса автоматической аргонодуговой сварки неплавящимся электродом листов из сплава Д16. На основании анализа делаются выводы: какие риски нужно предусмотреть, что следует делать и каковы перспективы технологии (таблица 17).

SWOT – анализ учитывает следующие характеристики:

S – сильные стороны;

W – слабые стороны;

O – возможности;

T – угрозы.

Таблица 17 – Матрица SWOT анализа

	Сильные стороны:	Слабые стороны:
	<ul style="list-style-type: none"> — Актуальность проекта; — Автоматизация производства; — Широкая область применения; — Отсутствие конкуренции на рынке при внедрении данной технологии; 	<ul style="list-style-type: none"> — Цена проекта; — Внедрение на предприятие нового оборудования и технологии;

Продолжение таблицы 17

Возможности	— Обеспечить увеличение объема продаж за счет получения качественного выпускного продукта и автоматизации производства.	— Добиться хорошего расположения перед крупными предприятиями путем презентации данной технологии.
<ul style="list-style-type: none"> — Получение качественных сварных соединений; — Увеличение производительности труда; — Возможность сварки основных видов сварных соединений (стыковые, угловые, тавровые, нахлесточные); 	<ul style="list-style-type: none"> — Выход на новые рынки или сегменты рынка за счет отсутствия конкуренции. 	<ul style="list-style-type: none"> — Заключить договор о сотрудничестве.
Угрозы	— Производить анализ новых технологий на рынке и совершенствовать свою технологию, чтобы она оставалась востребованной.	— Производить правильное обслуживание и своевременный ремонт оборудования.
<ul style="list-style-type: none"> — Появление новых технологий; — Риск отказа предприятия вводить данную технологию в производство; — Введение дополнительных государственных требований к аттестации персонала на данную технологию. 		<ul style="list-style-type: none"> — При долговременном сотрудничестве предприятия с потребителями ввести бонусную программу, что позволит привлечь большое количество потребителей и достаточно быстро окупиться проекту.

В результате проведения SWOT – анализа были выявлены основные проблемы, с которыми может столкнуться разработанная технология сварки, а также были выявлены способы решения:

- Производить анализ новых технологий на рынке и совершенствовать свою технологию, чтобы она оставалась востребованной;
- Производить правильное обслуживание и своевременный ремонт оборудования. При долговременном сотрудничестве предприятия с

потребителями ввести бонусную программу, что позволит привлечь большое количество потребителей и достаточно быстро окупиться проекту;

- Добиться хорошего расположения перед крупными предприятиями путем презентации данной технологии. Заключить договор о сотрудничестве;
- Обеспечить увеличение объема продаж за счет получения качественного выпускного продукта и автоматизации производства.

8.2 Планирование научно-технической работы

8.2.1 Структура работ в рамках научно-технического исследования

Для выполнения научно-технической работы требуется спланировать все этапы данной работы, обозначив при этом занятость каждого из участников, а также установить временные рамки выполнения каждого из этапов (таблица 18).

Таблица 18 – Перечень работ и распределение исполнителей

№ п/п	Наименование работы	Исполнители работы
1	Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Иванов С.В.
2	Выбор и утверждение темы бакалаврской работы	Иванов С.В. Гордынец А.С.
3	Составление календарного плана–графика работы	Иванов С.В. Гордынец А.С.
4	Литературный обзор	Иванов С.В.
5	Изучение основного материала конструкции	Иванов С.В.
6	Обоснование выбора способа сварки	Иванов С.В.
7	Выбор сварочных материалов	Иванов С.В.
8	Расчет режимов сварки	Иванов С.В.
9	Подбор и изучение сварочного оборудования	Иванов С.В.

Продолжение таблицы 18

10	Написание технологии сборки и сварки	Иванов С.В.
11	Анализ результатов и проверка научным руководителем	Иванов С.В. Гордынец А.С.
12	Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Иванов С.В.
13	Подведение итогов, оформление работы	Иванов С.В.

В таблице 18 приведены ФИО инженера – Иванов С.В., научного руководителя – Гордынец А.С., и распределение обязанностей между данными лицами.

8.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научно-технического исследования оценивается в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{махи}}{5}, \quad (30)$$

где $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{мини}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{махи}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн..

Определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях, учитывая параллельное выполнение работы несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{ч_i}, \quad (31)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, чел.-дн.;

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

8.2.3 Разработка графика проведения научно-технической работы

Для наглядности, график проведения научно-технических работ будет представлен на диаграмме Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} , \quad (32)$$

где T_{ki} – продолжительной выполнения i -ой работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -ой работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} , \quad (33)$$

где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,47 , \quad (34)$$

Все полученные значения заносим в таблицу 19.

Таблица 19 – Временные показатели проведения научно-технического исследования

Наименование работы	Исполнители работы	Трудоемкость работы, чел-дни			Длительность работы, дни	
		t_{\min}	t_{\max}	$t_{\text{ож}}$	T_p	T_k
Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Иванов С.В.	2	3	2,4	2	3
Выбор и утверждение темы бакалаврской работы	Иванов С.В.	2	3	2,4	1	1
	Гордынец А.С.	2	3	2,4	1	1
Составление календарного плана– графика работы	Иванов С.В.	4	5	4,4	2	3
	Гордынец А.С.	4	5	4,4	2	3
Литературный обзор	Иванов С.В.	5	7	5,8	6	9
Изучение основного материала конструкции	Иванов С.В.	5	7	5,8	6	9
Обоснование выбора способа сварки	Иванов С.В.	5	7	5,8	6	9
Выбор сварочных материалов	Иванов С.В.	5	7	5,8	6	9
Расчет режимов сварки	Иванов С.В.	7	10	8,2	8	12
Подбор и изучение сварочного оборудования	Иванов С.В.	5	7	5,8	6	9
Написание технологии	Иванов С.В.	10	15	12	12	18

Продолжение таблицы 19

Анализ результатов и проверка научным руководителем	Иванов С.В.	2	3	2,4	1	1
	Гордынец А.С.	2	3	2,4	1	1
Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Иванов С.В.	10	15	12	12	18
Подведение итогов, оформление работы	Иванов С.В.	10	15	12	12	18

По данным таблицы 19 составлена диаграмма Ганта (рисунок 4).

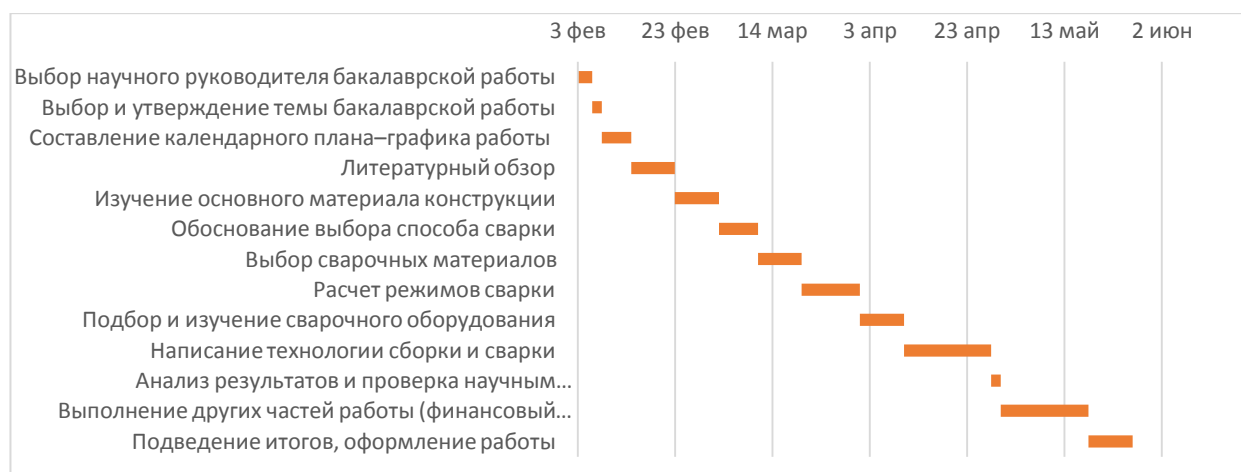


Рисунок 4 – Диаграмма Ганта

Таким образом, по данной диаграмме Ганта можно отследить продолжительность каждого из этапов выпускной квалификационной работы.

8.2.4 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ обеспечиваем полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением, что позволяет оценить затраты на проведение исследования до его фактического начала и позволяет судить об экономической эффективности работы. Рассмотрим

следующие статьи расходов:

- Материальные затраты;
- Амортизационные отчисления;
- Заработная плата исполнителей;
- Отчисления во внебюджетные фонды;
- Накладные расходы.

8.2.5 Расчет материальных затрат

В данном разделе рассчитаем стоимость всех материальных ценностей, которые были использованы в процессе выполнения работы. Теоретические исследования, а также проектирование стыкового соединения требуют ряд программных продуктов: Microsoft office, Mathcad, Компас-3D и др. Основная часть программ для студентов ТПУ предоставляется бесплатно, другие находятся в свободном доступе в сети «Интернет». Следовательно, затраты на материалы включают в себя затраты на канцелярские принадлежности, принтер, защитный газ (аргон), присадочную проволоку СвАК5 и двух нарезок из листа Д16 с размерами 10x100x100. Для исследования использовался персональный компьютер с бесплатным доступом к Компас-3D и Mathcad. В материальные затраты также включаются транспортно-заготовительные расходы, которые составляют от 5 до 20% от общей цены материалов. Материальные затраты на НТИ представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Материальные затраты на НТИ

Наименование	Единица измерения	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Офисная бумага, упаковка 500 листов	Шт.	290	1	290
Ручка	Шт.	25	4	100

Продолжение таблицы 20

Тетрадь, 48 листов	Шт.	50	1	50
Картридж для принтера	Шт.	750	1	750
Защитный газ (аргон)	л	40	6	240
Сварочная проволока СВАК5	г	0,63	28	18
Газовый баллон для горелки, 220 мл	Шт.	300	1	300
Нарезанные заготовки из листа Д16 10x100x100 – 2шт.	кг	450	0,56	252
Итого	2000			
Итого с учетом транспортно- заготовительных расходов (10%)	2200			

Таким образом, материальные затраты на НТИ составляют 2200 рублей. В материальных затратах мною не были учтены некоторые приспособления, которые понадобятся при воспроизведении данной технологии сварки, а именно: керамическая подкладка, две выводные планки, сварочный кондуктор и газовая горелка. Эти приспособления часто применяются в процессе сварки, поэтому на кафедре, во время преддипломной практики, не окажет особого труда их отыскать и применить при воспроизведении разработанной технологии сварки.

8.2.6 Расчет амортизационных отчислений

Амортизационные отчисления включают в себя денежные средства, предназначенные для возмещения износа оборудования. По плану на написание выпускной квалификационной работы студенту отводится 5 месяцев. Для написания работы, а также воспроизведения процесса сварки по написанной технологии понадобятся:

- Персональный компьютер, первоначальная стоимость которого составляла 55000 рублей. Срок полезного использования от 3 до 4 лет;
- Принтер, первоначальная стоимость которого 20000 рублей. Срок полезного использования от 3 до 4 лет;
- Сварочный автомат АДСВ-6М, стоимость которого 660000 рублей. Срок полезного использования от 10 до 12 лет;
- Угловая шлифовальная машина, стоимость которой 7000 рублей. Срок полезного использования от 5 до 6 лет.

Для определения амортизационных отчислений, требуется сначала рассчитать норму амортизации. Норма амортизации рассчитывается по следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\% , \quad (35)$$

где Т – срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования для сварочного автомата АДСВ-6М 12 лет, для угловой шлифовальной машины 6 лет, а для принтера и компьютера равным 4 годам, то нормы амортизации, при подсчете по формуле (35) будут равны 8% для сварочного автомата, 17% для угловой шлифовальной машины, 25% для компьютера и принтера.

Рассчитываем годовые амортизационные отчисления для используемого оборудования:

$$A_{\text{Год}} (\text{сварочный автомат}) = 660000 \cdot 0,08 = 52800 \text{ рублей};$$

$$A_{\text{Год}} (\text{угловая шлифовальная машина}) = 7000 \cdot 0,17 = 1190 \text{ рублей};$$

$$A_{\text{Год}} (\text{компьютер}) = 55000 \cdot 0,25 = 13750 \text{ рублей};$$

$$A_{\text{год (принтер)}} = 20000 \cdot 0,25 = 5000 \text{ рублей.}$$

Тогда ежемесячные амортизационные отчисления составят 4400 рублей для сварочного автомата, 99 рублей для угловой шлифовальной машины, 1146 рублей для компьютера и 417 рублей для принтера.

Для вычисления амортизационных отчислений за период написания выпускной квалификационной работы, требуется умножить полученные данные за ежемесячные амортизационные отчисления на количество месяцев, отведенных на написание работы. Полученные результаты вычислений представлены в таблице 21.

При приобретении оборудования требуется также учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 21 – Расчет амортизационных отчислений для оборудования, применяемого в научно-технической работе

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Норма амортизации, %	Амортизационные отчисления за период выполнения ВКР руб.	Общая стоимость оборудования с учетом амортизационных отчислений, руб.
Компьютер	1	55	25	5730	60730
Принтер	1	20	25	2085	22085
Сварочный автомат АДСВ-6М	1	660	8	22000	682000
Угловая шлифовальная машина	1	7	17	495	7495
Итого					772310
Итого с учетом затрат по доставке и монтажу (15%)					888156,5

Таким образом, если приобрести все необходимое для реализации выпускной квалификационной работы оборудование, то общая сумма затрат на оборудование, доставку, монтаж и амортизационные отчисления составит 888156,5 рублей.

8.2.7 Расчет заработной платы исполнителей

Целью данного пункта является расчет заработной платы всех лиц, участвующих в выполнении данной работы. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы входит премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер премии определяется Положением об оплате труда). Полная заработная плата работника определяется по формуле:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} , \quad (36)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата работника, руб.;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата работника, руб.

Основная заработная плата ($З_{осн}$) рассчитывается по формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p , \quad (37)$$

где $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником.

Среднедневная заработная плата работника рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m}{T} , \quad (38)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

T – количество рабочих дней в месяце. $T = 26$ дней при шестидневной рабочей неделе.

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле:

$$З_m = З_{тс} \cdot k_p , \quad (39)$$

где $З_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_p – районный коэффициент, для города Томска $k_p = 1,3$.

Результаты расчета основной заработной платы при тарифной ставке $З_{тс} = 30000$ рублей – для руководителя и $З_{тс} = 10000$ рублей для инженера приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Результаты расчета основной заработной платы

Исполнители	Трудоемкость выполнения работы T_p , дни	Тарифная ставка $З_{тс}$, руб/мес	Месячный должностной оклад $З_m$, руб.	Среднедневная заработная плата $З_{дн}$, руб.	Основная заработная плата $З_{осн}$, руб.
Руководитель (доцент, к.т.н.)	5	30000	39000	1500	7500
Инженер	124	10000	13000	500	62000
Итого					69500

Дополнительная заработная плата (премиальная выплата) рассчитывается исходя из 12-15% от основной заработной платы работников, участвующих в данной работе. Дополнительная заработная плата рассчитывает по формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}, \quad (40)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата работника, в руб.;

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты.

Принимаем коэффициент дополнительной заработной платы $k_{доп} = 0,13$ – для инженера и $k_{доп} = 0,15$ для руководителя.

Результаты расчета полной заработной платы приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Результаты расчета полной заработной платы

Исполнители	Коэффициент дополнительной зарплаты, $k_{доп}$	Основная заработная плата $З_{осн}$, руб.	Дополнительная заработная плата $З_{доп}$, руб.	Полная заработная плата $З_{зп}$, руб.
Руководитель	0,15	7500	1125	8625

Продолжение таблицы 23

Инженер	0,13	62000	8060	70060
Итого		69500	9185	78685

В таблице 23 представлены затраты на основную и дополнительную заработную плату в размере 69500 рублей и 9185 рублей соответственно, а также полная заработная плата двум лицам, выполняющим данную работу, в размере 78685 рублей.

8.2.8 Отчисления во внебюджетные фонды

Рассмотрим обязательные отчисления органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФР) и обязательного медицинского страхования (ФФОМС) из затрат на оплату труда работников. Размер отчислений в фонды определяется по следующей формуле:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (41)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (ПФР, ФСС, ФФОМС).

В соответствии с п.2 ст.425 ч.2 «Налогового кодекса Российской Федерации» тариф страховых взносов составляет 30%, из которых 22% – пенсионный фонд, 2,9% – социальное страхование и 5,1% – обязательное медицинское страхование.

Результаты расчета страховых взносов представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Результаты расчета страховых взносов.

Исполнители	Полная заработная плата, руб.	Отчисления в ПФР, руб.	Отчисления в ФСС, руб.	Отчисления в ФФОМС, руб.	Общая сумма отчислений, руб.
Руководитель	8625	1897,5	250,1	439,9	2587,5
Инженер	70060	15413,2	2031,7	3573,1	21018
Итого	78685	17310,7	2281,8	4013	23605,5

По итогам таблицы 24 можно сделать вывод, что сумма страховых отчислений во внебюджетные фонды за руководителя составит 2587,5 рублей, а за инженера 21018 рублей.

8.2.9 Расчет накладных расходов

К накладным расходам относят дополнительные затраты, не относящиеся на прямую к основной работе, не входящие в оплату труда работников и в стоимость материальных затрат. Накладные расходы составляют 16% от суммы основной и дополнительной заработной платы работников. Таким образом, накладные расходы рассчитаем по формуле:

$$З_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (42)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, $k_{\text{накл}} = 0,16$.

Результаты расчета накладных расходов представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Результаты расчета накладных расходов

Исполнители	Коэффициент накладных расходов $k_{\text{накл}}$	Полная заработная плата, руб.	Накладные расходы $З_{\text{накл}}$, руб.
Руководитель	0,16	8625	1380
Инженер		70060	11209,6
Итого		78685	12589,6

Таким образом, общая сумма накладных расходов составила 12589,6 рублей.

8.2.10 Формирование сметы на научно-техническую работу

Все расчёты, которые были проведены в данном разделе отражают количество затрат, необходимых для проведения НТИ. Все рассчитанные показатели затрат отражены в таблице 26.

Таблица 26 – Смета научно-технического исследования

№	Наименование затраты	Сумма, руб.	Удельный вес затрат, %
1	Материальные затраты	2200	0,2
2	Затраты на оборудование и амортизационные отчисления	888156,5	88,4
3	Затраты на заработную плату	78685	7,8
4	Отчисления во внебюджетные фонды	23605,5	2,3
5	Накладные расходы	12589,6	1,3
Итого		1005236,6	100

Общая сумма затрат на реализацию проекта составляет 1005236,6 рублей. В эту сумму включены все затраты на оборудование, амортизационные отчисления, материальные затраты, затраты на заработную плату, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы.

8.3 Определение эффективности научно-технического исследования

Для определения эффективности необходимо рассчитать интегральный показатель эффективности научного исследования. Его нахождение основано на определении двух величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (43)$$

где Φ_{pi} – стоимость i-ого варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-технической работы.

Так как данный проект является только научно-технической разработкой, то интегральный финансовый показатель разработки рассчитать не

представляется возможным.

Интегральный показатель ресурсоэффективности определяется по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i , \quad (44)$$

где a_i – весовой коэффициент i -ого варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -ого варианта исполнения разработки.

Произведем сравнительную оценку вариантов исполнения проекта (таблица 27). Сравнение будет проводиться с технологиями сварки сплава Д16 ручной аргонодуговой сваркой – исполнительный проект 2 и точечной контактной сваркой – исполнительный проект 3.

Таблица 27 – Сравнительная оценка характеристик других вариантов исполнения проекта

Критерии оценки	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исполнительный проект 2	Исполнительный проект 3
Сложность технологии	0,15	4	2	4
Качество	0,3	5	2	4
Модернизация установки	0,2	5	3	5
Удобство в эксплуатации	0,2	5	2	5
Срок службы	0,15	5	4	5
Итого	1			

Результаты расчета сравнительной эффективности разработки по формуле (44) представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Сравнительная эффективность разработки

Интегральный показатель	Текущий проект	Исполнительный проект 2	Исполнительный проект 3
ресурсоэффективности разработки	4,85	2,5	4,55

По результатам расчетов видно, что текущий проект превосходит возможные аналоги технологий, производимых другими способами сварки по интегральному показателю ресурсоэффективности.

8.4 Заключение по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В ходе написания данного раздела были определены потенциальные потребители результатов исследования, которыми оказались крупные предприятия. Было выявлено, что автоматическая аргонодуговая сварка неплавящимся электродом сплава Д16 обладает высокой конкурентоспособностью в сравнении с такими способами сварки как: ручная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом и точечная контактная сварка. В результате проведения SWOT – анализа были выявлены и рассмотрены сильные и слабые стороны, возможности и угрозы технологического процесса автоматической аргонодуговой сварки неплавящимся электродом.

В данном разделе также была определена трудоемкость выполнения работ, разработан график проведения научно-технической работы и построена диаграмма Ганта. После чего был рассчитан бюджет НТИ, в котором были рассмотрены материальные затраты, стоимость оборудования с амортизационными отчислениями, затраты на заработную плату, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы. Была определена общая сумма затрат на реализацию данного проекта, смета составила 1005236,6 рублей.

С точки зрения ресурсоэффективности было выявлено, что данный проект является более перспективным, чем возможные аналогичные проекты с

технологиями, выполняемыми другими способами сварки.

9 Социальная ответственность

9.1 Введение

Социальная ответственность – это этический принцип, заключающийся в том, что для реализации общественного долга в процессе принятия решений необходим учет не только интересов индивидов или организаций, принимающих эти решения, но и интересов, ценностей и целей широких социальных групп и общества в целом.

Объектом исследования является разработка технологического процесса автоматической аргонодуговой сварки неплавящимся электродом стыкового соединения листов из алюминиевого сплава Д16 толщиной 10 мм.

Задачи раздела:

- Анализ потенциальных угроз жизни и здоровью человека при осуществлении процесса аргонодуговой сварки неплавящимся электродом и их воздействия на организм человека;
- Проведение мероприятий по защите от выявленных угроз.

9.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

9.2.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно ст. 197 ТК РФ «Право работника на труд в условиях, отвечающих требованиям охраны труда», каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных

производственных факторов;

- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;

- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;

- дополнительное профессиональное образование за счет средств работодателя в случае ликвидации рабочего места вследствие нарушения требований охраны труда;

- запрос о проведении проверки условий и охраны труда на его рабочем месте федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным на осуществление федерального государственного надзора за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, другими федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими государственный контроль (надзор) в установленной сфере деятельности, органами исполнительной власти, осуществляющими государственную экспертизу условий труда, а также органами профсоюзного контроля за соблюдением трудового законодательства и иных актов, содержащих нормы трудового права;

- обращение в органы государственной власти Российской Федерации, органы государственной власти субъектов Российской Федерации и органы местного самоуправления, к работодателю, в объединения работодателей, а также в профессиональные союзы, их объединения и иные уполномоченные работниками представительные органы по вопросам охраны труда;

- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая

на производстве или профессионального заболевания;

- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;
- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда [15].

Руководитель ВКР, как ответственный за технологический процесс сварки, принимает на себя обязательство соблюдения требований безопасности в помещении, а также выполнения и организации правил эвакуации.

9.2.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Требования к размещению машин для сварки, организации рабочих мест и к производственным помещениям – в соответствии с ГОСТ 12.3.003-86 [16].

По ГОСТ 12.3.003-86 рабочие места сварщиков должны соответствовать следующим требованиям:

- При сварке изделий на поточно-механизированных и автоматизированных линиях должны предусматриваться местные вытяжные устройства, встроенные в оснастку линий. Допускается использование сварочного оборудования со встроенными местными воздухоприемниками.
- Не допускается проведение сварки при неработающей местной вытяжной вентиляции.
- При сварке материалов, обладающих высокой отражающей способностью (алюминия, сплавов алюминия, сплавов на основе титана, нержавеющей стали), для защиты электросварщиков и работающих рядом от отраженного оптического излучения следует экранировать сварочную дугу встроенными или переносными экранами и по возможности экранировать поверхности свариваемых изделий.

- Размещение постов аргонодуговой сварки должно исключать возможность утечки и проникновения защитного газа в смежные и расположенные ниже помещения.
- При выполнении автоматической сварки на установке, сварочная головка которой расположена на высоте более 1,6 м от уровня пола, должна быть предусмотрена рабочая площадка для оператора.
- Рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами или экранами) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты.
- Ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м.
- Полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть несгораемые, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.
- Кабина на два поста и более, а также рабочие места сварщиков ручной и механизированной дуговой сварки на поточных и конвейерных линиях, должны быть разделены ограждающими ширмами, защищающими сварщиков от излучения дуги, брызг расплавленного металла, и обеспечивать достаточное пространство для каждого работающего.
- Ширина проходов между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также стационарными многопостовыми источниками питания, должна быть не менее 1,5 м и тд.

9.3 Производственная безопасность

Для всех методов сварки плавлением в той или иной степени существует возможность опасных воздействий на сварщика в связи с факторами по ГОСТ

12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [17]. Данные факторы приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Опасные и вредные производственные факторы

№ п/п	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)	Вид операции			Нормативные документы
		Заготовительная	Сборочная	Сварочная	
1	Поражение электрическим током	+	+	+	<p>СНиП 23-05-2010 Естественное и искусственное освещение; ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности; СН 2.2.4/2.1.8.566–96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий; СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений; ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление; ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.</p>
2	Повышенная яркость света в процессе сварки	-	-	+	
3	Повышенная температура поверхностей свариваемых заготовок	-	-	+	
4	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей среды	+	+	+	
5	Большое давление в баллонах с аргоном	-	-	+	
6	Механическая опасность	+	+	+	
7	Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	

Продолжение таблицы 29

8	Повышенный уровень шума и вибрации	+	+	+	
9	Неудовлетворительный микроклимат	+	+	+	

Таким образом, в таблице 29 были представлены опасные и вредные производственные факторы, каждый из которых требуется проанализировать, а также разработать мероприятия по снижению их влияния на организм человека или полного их исключения из процесса производственной деятельности.

9.3.1 Поражение электрическим током

При сварке плавлением используют источники тока с напряжением холостого хода $U_{xx} = 45 - 80$ В, при постоянном токе $U_{xx} = 55 - 75$ В при переменном токе. Поэтому источники питания должны иметь автоматические устройства, отключающие их в течение не более 0,5 с при обрыве дуги.

Учитывая непостоянную величину электрического сопротивления человеческого тела (так, при сухой коже, например, сопротивление составляет 8000-20000 Ом, а при влажных руках, повреждениях кожи сопротивление снижается до 400-1000 Ом), безопасным считают напряжение не выше 12 В. Если сварщик работает в тесном помещении, может иметь большую площадь контакта с металлической поверхностью, с целью уменьшения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдение следующих мероприятий:

- Надежная изоляция всех проводов, связанных с питанием источника тока и сварочной дуги, устройство геометрически закрытых включающих устройств, заземление корпусов сварочных аппаратов. Заземлению подлежат: корпуса источников питания, аппаратного ящика, вспомогательное электрическое оборудование. Сечение заземляющих проводов должно быть не менее 25 мм². Подключением, отключением и ремонтом сварочного

оборудования занимается только дежурный электромонтер. Сварщикам запрещается производить эти работы.

- Применение в источниках питания автоматических выключателей высокого напряжения, которые в момент холостого хода разрывают сварочную цепь и подают на держатель напряжение 12 В.

- Надежное устройство электрододержателя с хорошей изоляцией, которая гарантирует, что не будет случайного контакта токоведущих частей электрододержателя со свариваемым изделием или руками сварщика (ГОСТ 14651-69). Электрододержатель должен иметь высокую механическую прочность и выдерживать не менее 8000 зажимов электродов.

- Работа в исправной сухой спецодежде и рукавицах. При работе в тесных отсеках и замкнутых пространствах обязательно использование резиновых галош и ковриков, источников освещения с напряжением не выше 6-12 В.

- При работе на электронно-лучевых установках предотвращение опасности поражения лучами жесткого рентгеновского излучения в связи с использованием ускоряющего напряжения 20 – 22 кВ и выше.

Наряду с соблюдением указанных требований, с целью предотвращения поражения электрическим током, запрещается притрагиваться к клеммам и зажимным болтам цепи высокого напряжения; снимать крышки клеммников электродвигателей падающего и ходового механизмов автоматов и полуавтоматов; открывать дверцы аппаратного ящика и трансформаторов и регулировать их и т.п [18].

9.3.2 Повышенная яркость света в процессе сварки

Сварочная дуга является источником световых лучей, яркость которых может вызвать ожог незащищенных глаз при облучении их в течение всего 10 – 15 с. Более длительное воздействие излучения дуги может привести к повреждению хрусталика глаза и потере зрения. Ультрафиолетовое излучение

вызывает ожоги глаз и кожи, подобные ожогам при прямом действии ярких солнечных лучей, инфракрасное может вызвать помутнение хрусталика глаза.

Воздействие излучения дуги вредно не только для сварщиков, но и для подручных рабочих-сборщиков. Для предотвращения опасного поражения глаз обязательно применение защитных стекол – наиболее темных для сварщиков и более светлых для вспомогательных рабочих, что должно обеспечить значительное поглощение вредных излучений, связанных с горением дуги. Особую опасность в смысле поражения глаз представляет световой луч квантовых генераторов (лазеров), так как даже отраженные лучи лазера могут вызвать тяжелое повреждение глаз и кожи. Поэтому лазеры имеют автоматические устройства, предотвращающие такие поражения, но при условии строгого соблюдения производственной инструкции операторами – сварщиками, работающими на этих установках.

Защитные стекла, вставленные в щитки и маски, снаружи закрывают простым стеклом для предохранения их от брызг расплавленного металла. Щитки изготавливают из изоляционного металла – фибры, фанеры и по форме и размерам они должны полностью защищать лицо и голову сварщика (ГОСТ 1361-69).

Для ослабления резкого контраста между яркостью дуги и малой яркостью темных стен (кабины) последние должны быть окрашены в светлые тона (серый, голубой, желтый) с добавлением в окраску окиси цинка с целью уменьшения отражения ультрафиолетовых лучей дуги, падающей на стены.

При работе вне кабины для защиты зрения окружающих, работающих сварщиков и вспомогательных рабочих должны применяться переносные щиты и ширмы [18].

9.3.3 Повышенная температура поверхностей свариваемых заготовок

Образующиеся при дуговой сварке брызги расплавленного металла имеют температуру до 1800 °С, при которой одежда из любой ткани разрушается. Для защиты от таких брызг обычно используют спецодежду (брюки, куртку и рукавицы) из брезентовой или специальной ткани. Куртки при работе не следует вправлять в брюки, а обувь должна иметь гладкий верх, чтобы брызги расплавленного металла не попадали внутрь одежды, так как в этом случае возможны тяжелые ожоги.

Для защиты от соприкосновения с влажной, холодной землей и снегом, а также с холодным металлом при наружных работах и в помещении сварщики должны обеспечиваться теплыми подстилками, матами, подколенниками и подлокотниками из огнестойких материалов с эластичной прослойкой [18].

9.3.4 Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей среды

Высокая температура дуги (6000 – 8000 °С) неизбежно приводит к тому, что часть сварочной проволоки, покрытий, флюсов переходит в парообразное состояние. Эти пары, попадая в атмосферу цеха, конденсируются и превращаются в аэрозоль конденсации, частицы которой по дисперсности приближаются к дымам и легко попадают в дыхательную систему сварщиков. Эти аэрозоли представляют главную профессиональную опасность труда сварщиков. Количество пыли в зоне дыхания сварщика зависит главным образом от способа сварки и свариваемых материалов, но в известной степени определяется и типом конструкций. Химический состав электросварочной пыли зависит от способов сварки и видов основных и сварочных материалов.

На ряду с пылью при дуговой сварке также образуются и выделяются газообразные продукты – окислы азота, окись углерода; при сварке электродом с покрытием «Б» и под флюсами – фтористые соединения.

В зоне дыхания сварщиков концентрация этих газов может достигать (мг/л): N_2O_5 0,009 – 0,018; SiF_4 , HF до 0,004 каждого, CO до 0,46. При сварке цветных металлов и их сплавов в зоне дыхания сварщика могут наблюдаться такие вредные газообразные соединения, как ZnO , SnO_2 , MnO_2 , SiO_2 и тд.

Наиболее опасны для здоровья сварщиков аэрозоли марганца, так как отравление марганцем может вызвать длительное и стойкое поражение центральной нервной системы вплоть до параличей. Острые отравление парами цинка и свинца могут вызвать литейную лихорадку, а отравление хромовым ангидридом – бронхиальную астму. Длительное отложение пыли в легких может вызвать пневмокониозы.

Все указанные поражения могут возникнуть, если сварку выполняют с грубым нарушением правил техники безопасности и охраны труда, касающихся обеспечения общей и местной вентиляции, применении индивидуальных средств защиты (масок, респираторов), особенно при сварке цветных металлов и их сплавов, а также при сварке в тесных, замкнутых отсеках при недостаточной вентиляции и т.п.

Существуют строгие требования в области вентиляции при сварочных работах. Для улавливания сварочного аэрозоля на стационарных постах, а где это возможно, и на не стационарных нужно устанавливать местные отсосы в виде вытяжного шкафа, вертикальной или наклонной панели равномерного всасывания, стола с подрешеточным отсосом и др. При сварке крупногабаритных серийных конструкций на кондукторах, манипуляторах и т.п. местные отсосы необходимо встраивать непосредственно в эти приспособления. При автоматической сварке под флюсом, в защитных газах, электрошлаковой сварке применяют устройства с местным отсосом газов.

Если в цехе расход сварочных материалов превышает 0,2 г/ч на 1 м³ объема здания, должна быть устроена механическая, общеобменная вентиляция.

При работе на нестационарных сварочных постах в замкнутых и полузамкнутых пространствах (отсеках) следует применять местные отсасывающие устройства типа эжекторов, высоковакуумных установок с обеспечением объема удаляемого воздуха от одного сварочного поста $400 - 500 \text{ м}^3/\text{ч}$, но не менее $100 - 150 \text{ м}^3/\text{ч}$, что обеспечивает допустимый уровень загрязненности воздуха. Максимальная разовая предельно-допустимая концентрация (ПДК) аргона в воздухе рабочего места сварщика составляет $27000 \text{ мг}/\text{м}^3$ [18].

9.3.5 Большое давление в баллонах с аргоном

Опасность взрывов и как следствие пожаров, возникает при неправильной транспортировке, хранении и использовании баллонов со сжатыми газами, при проведении сварочных работ в различных емкостях без предварительного контроля степени их очистки и наличия в них остатков горючих веществ и т.д.

При использовании баллонов со сжатыми газами необходимо соблюдать установленные меры безопасности: не бросать баллоны, не устанавливать их вблизи нагревательных приборов, не хранить вместе баллоны с кислородом и горючими газами, баллоны хранить в вертикальном положении. При замерзании влаги в редукторе баллона с CO_2 отогревать его только через специальных электроподогреватель или обкладывая тряпками, намоченными в горячей воде. Категорически запрещается отогревать любые баллоны со сжатыми газами открытым пламенем, т.к. это почти неизбежно приводит к взрыву баллона.

При производстве сварочных работ на емкостях, ранее использованных, требуется выяснение типа хранившегося продукта и наличие его остатков. Обязательно тщательная очистка сосуда от остатков продуктов и 2 – 3-кратная промывка 10%-ным раствором щелочей, необходима также последующая продувка сжатым воздухом для удаления запаха, который может вредно действовать на сварщика.

Категорически запрещается продувать емкости кислородом, что иногда пытаются делать, так как в этом случае попадание кислорода на одежду и кожу

сварщика при любом открытом источнике огня вызывает интенсивное возгорание одежды и приводит к ожогам со смертельным исходом.

Взрывоопасность существует и при выполнении работ в помещениях, имеющих большое количество пылевидных органических веществ (пищевой муки, торфа, каменного угля). Эта пыль при определенной концентрации может давать взрывы большой силы. Помимо тщательной вентиляции для производства сварочных работ в таких помещениях требуется специальное разрешение пожарной охраны [18].

9.3.6 Механическая опасность

Важное значение имеет внедрение комплексной механизации и автоматизации, что значительно уменьшает опасность травм механического характера.

Основные причины травматизма при сборке и сварке: отсутствие транспортных средств для транспортировки тяжелых деталей и изделий; неисправность транспортных средств; неисправность такелажных приспособлений; неисправный инструмент: кувалды, молотки, гаечные ключи, зубила и т.п., отсутствие защитных очков при очистке швов от шлака; отсутствие спецодежды и других защитных средств.

Меры безопасности в этом случае: все указанные средства и инструменты следует периодически проверять; такелажные работы должны производить лица, прошедшие специальный инструктаж; от рабочих необходимо требовать соблюдение всех правил по технике безопасности, включая работу в спецодежде, рукавицах; использование средств индивидуальной вентиляции (где это необходимо) и т.д. Важное значение имеет внедрение комплексной механизации и автоматизации, что значительно уменьшает опасность травм такого рода [18].

9.3.7 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Правильно подобранная освещенность рабочей поверхности обеспечивает высокую производительность работы и безопасность рабочего персонала. Нормирование значений освещённости рабочей поверхности при сварочной работе в помещении составляет 200 лк [19].

Недостаточная освещенность может быть вызвана неправильным расположением ламп в помещении, отсутствием окон в помещении, неправильным выбором количества осветительных приборов и не рациональной нагрузкой на них электрического тока. Все это может стать причиной неадекватного восприятия человеком технологического процесса сварки, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

Для производственных помещений и научно-технических лабораторий коэффициент пульсаций освещенности (K_p) должен быть не больше 10%. В целях уменьшения пульсаций ламп, их включают в разные фазы трехфазной цепи, стабилизируют постоянство прохождения в них переменного напряжения. Но самым рациональным решением данного вредного фактора является изначально правильное расположение и подключение источников света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения полученных результатов с нормативными документами.

9.3.8 Повышенный уровень шума и вибрации

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы и системы организма человека. Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию организма, к его утомлению. Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное

кровенное давление.

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов – электродвигатели в системе охлаждения. Для рабочих мест сварщиков характерен высокий уровень шума, который не должен превышать 80 дБА [20].

Уменьшить влияние данного фактора возможно путём:

- Изоляции источника шумов (установка в помещении звукопоглощающих конструкций и экранов);
- Применения глушителей аэродинамического шума, звукопоглощающих облицовок в газовоздушных трактах вентиляционных систем с механическим побуждением и систем кондиционирования воздуха;
- Применения индивидуальных средств защиты от шума (наушники, вкладыши в ушную раковину, противозумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука).

Основным источником вибраций является электросварочное оборудование. Длительное воздействие вибрации на организм человека приводит к утомлению, неврологическому поражению и сосудистым нарушениям.

Предельно допустимые величины нормируемых параметров производственной локальной вибрации при 8-ми часовом вибрационном воздействии на организм человека приведены в таблице 30 [21].

Таблица 30 – Предельно допустимые значения производственной локальной вибрации

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям X, Y, Z			
	Выброускорения		Виброскорости	
	м/с ²	дБ	м/с·10 ⁻²	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,8	129	1,4	109
63	5,6	135	1,4	109
125	11,0	141	1,4	109
250	22,0	147	1,4	109
500	45,0	153	1,4	109
1000	89,0	159	1,4	109
Корректированные и эквивалентные корректированные значения, и их уровни	2,0	126	2,0	112

Примечание: работа в условиях воздействия вибрации с уровнями, превышающими настоящие санитарные нормы более чем на 12 дБ, по интегральной оценке, или в какой-либо октавной полосе не допускаются.

Уменьшить влияние вибрации можно несколькими способами:

- воздействием на источник возбуждения (посредством снижения или ликвидации вынуждающих сил);
- отстройкой от режима резонанса путем рационального выбора массы или жесткости колеблющейся системы;
- динамическим гашением колебаний – присоединением к защищаемому объекту системы, реакции которой уменьшают размах вибрации объекта в точках присоединения системы;
- изменением конструктивных элементов машин и строительных конструкций.

9.3.9 Неудовлетворительный микроклимат

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды данных помещений, который определяется совместно действующими на организм человека температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, а так - же интенсивностью теплового излучения. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-ми часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и обеспечивают высокую работоспособность.

Недостаточная влажность, может негативно отражаться на организме, становясь причиной пересыхания и растрескивания кожи и слизистой, а также последующего заражения болезнетворными микроорганизмами. Повышенный показатель относительной влажности вызывает перегрев организма. Длительное воздействие высокой температуры при повышенной влажности может привести к гипертермии, или накоплению теплоты и перегреву организма, а пониженные показатели температуры, особенно при повышенной влажности воздуха, могут быть причиной гипотермии, или переохлаждения.

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 31, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года. Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2°C и выходить за пределы величин, приведенных ниже [22].

Таблица 31 – Оптимальные величины микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °C	Температура поверхностей, °C	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
-------------	-------------------------	------------------------------	------------------------------------	--------------------------------

Холодный	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	22-24	21-25	60-40	0,1

Микроклимат производственных помещений поддерживается на оптимальном уровне с помощью:

- системы центрального отопления;
- естественной вентиляции (проветривания);
- искусственного кондиционирования.

9.4 Экологическая безопасность

Производственные процессы не должны загрязнять окружающую среду (воздух, почву, водоемы) вредными выбросами и отходами. Своевременные и организованные мероприятия по удалению и обезвреживанию отходов производства, являющихся источниками опасных и вредных производственных факторов, позволяют снизить вредное влияние на экологическую обстановку.

Основные источники загрязнения окружающей среды в сварочном производстве:

- Твердые отходы (огарки вольфрамового электрода, присадочная проволока, офисная бумага и тд.)
- Газообразные отходы (аргон, углекислый газ, пыль, аэрозоли окисей металлов, выделяющихся в процессе сварки и тд.)
- Жидкие отходы (бытовые отходы образующиеся в результате влажной уборки помещений, при использовании водопровода и туалета)

Для утилизации твердых отходов на производстве используют несколько контейнеров, для разделения металлических отходов и бытового мусора. Металлические отходы выбрасываются в отдельный контейнер, который после заполнения отправляется на рассортировку по виду металла и переработку в соответствующие службы, а бытовой мусор складывается в специальный контейнер, который в последствии вывозят специализированные службы на

городскую свалку. Таким образом, обеспечивается защита литосферы от твердых отходов.

Газообразные отходы перед выбросом подвергают обязательной очистке в фильтровентиляционных системах, которые защищают атмосферу от загрязнений. В связи с этим, каждый сварочный пост должен быть оборудован вытяжкой с фильтрами для улавливания выделяющихся в процессе сварки аэрозолей и пыли. Предельно допустимая концентрация примесей в атмосфере на территории промышленного предприятия не должна превышать 30% вредных веществ.

Жидкие отходы сбрасываются в городскую канализацию и поступают в системы централизованной очистки на городских очистных сооружениях, тем самым обеспечивается защита гидросферы от возможных загрязнений.

9.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [23].

Во время сварочных работ на производстве или в лаборатории основной возможной чрезвычайной ситуацией является вероятность возникновения пожара и взрыва. Вероятность возникновения пожара обусловлена скоплением пыли вокруг сварочного поста, сварочного автомата и в материнской плате источника питания сварочного автомата. Вероятность взрыва обусловлена тем, что при сварке используется аргон, находящийся под большим давлением в баллоне, который при чрезмерном нагреве и соответственно увеличении давления может взорваться.

Чтобы избежать данные ЧС нужно соблюдать требования пожарной безопасности. Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных его факторов и обеспечивается защита материальных ценностей.

С целью предотвращения возможности возникновения пожаров и взрывов требуется:

- Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети;
- Курить только в отведенных для курения местах;
- Следить за уровнем давления аргона в баллоне;
- Проверять нормированный уровень аргона в помещении, проветривать помещение;
- Следить за чистотой на рабочем месте, вытирать скопившуюся пыль;
- Следить за чистотой источника питания и его материнской платы, снимать крышку и пылесосить скопившуюся пыль;
- Все сотрудники должны быть ознакомлены с планом пожарной эвакуации и знать где находятся средства первичного тушения очага возгорания (огнетушители).

При возникновении аварии или аварийной ситуации работники должны:

- прекратить работу, отключить электрогазосварочное оборудование и обесточить помещение;
- выключить приточно-вытяжную вентиляцию и закрыть окна;
- немедленно сообщить о пожаре руководителю работ и в пожарную службу по номеру телефона «01» - для рабочего телефона и «010» - для сотового телефона, указав точный адрес и место возникновения пожара;
- оповестить окружающих и при необходимости вывести людей из опасной зоны;

- приступить к ликвидации пожара, используя первичные средства пожаротушения.

Места проведения сварочных работ должны быть обеспечены средствами первичного пожаротушения. В лаборатории обычно используются следующие огнетушители:

- Огнетушитель порошковый ОП-3(з);
- Огнетушитель углекислотный ОУ-1.

Сварочные посты в лаборатории ТПУ относятся к категории «Г» - умеренная пожароопасность. На данном участке должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители располагаются на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

9.6 Заключение по разделу «Социальная ответственность»

В ходе написания данного раздела были рассмотрены основные правовые нормы трудового законодательства, присущие разработанному технологическому процессу сварки. Был проведен анализ возможных вредных и опасных факторов, воздействующих на организм человека при автоматической аргонодуговой сварке. Каждый из факторов был рассмотрен отдельно и были разработаны мероприятия по снижению их воздействия. Также была рассмотрена экологическая безопасность при реализации разработанной технологии сварки и методы борьбы с загрязнением окружающей среды. Были выявлены возможные ЧС, методы предотвращения возможности возникновения ЧС и пошаговые действия при возникновении чрезвычайной ситуации.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были рассмотрены основные особенности сварки алюминиевого сплава Д16, изучены свойства основного материала конструкции, подобраны, подходящие наилучшим образом, сварочные материалы. После чего был произведен расчет параметров режима сварки и выбор, соответствующего рассчитанным параметрам, сварочного оборудования. В результате всего этого была разработана технология автоматической аргодуговой сварки стыкового соединения листов из алюминиевого сплава Д16 толщиной 10 мм, отраженная в технической документации, в виде:

- Карты эскизов на процесс сборки и сварки стыкового соединения;
- Маршрутной карты с описанием процесса сборки и сварки;
- Операционной карты с описанием процесса сборки и сварки.

При соблюдении рекомендаций, упомянутых в данной технологии, можно получить качественное сварное соединение из данного сплава.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были определены потенциальные потребители результатов работы, разработан график проведения научно-технической работы и составлена смета на реализацию данного проекта, которая составила 1005236,6 рублей. С точки зрения ресурсоэффективности было выявлено, что данный проект является перспективным, в сравнении с аналогами, выполняемыми другими способами сварки.

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены производственные факторы, негативно влияющие на организм человека и меры по снижению их воздействия. Также были проанализированы возможные чрезвычайные ситуации, меры по достижению экологической безопасности и правовые документы, в соответствии с которыми должно быть оборудовано рабочее место сварщика.

Список используемых источников

1. Глизманенко Д.Л. Сварка и резка металлов - 8-е изд., дополнение - М., «Высш. школа», 1974. - Гл. 18. - С. 307 - 313, Гл. 23. - С. 406 - 423.
2. Гопаненко Р.В.; науч. рук. Киселев А.С. Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых – изд. «Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ)», 2013. – Т. 2 – С. 81-83.
3. Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением – изд. «Машиностроение», 1977. – Гл. 5 – С. 353 – 360.
4. ГОСТ 4784-97. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки.
5. Думов С.И. Технология электрической сварки плавлением – Учебник для машиностроительных техникумов – изд. «Машиностроение», 1978 г. – Гл. 11 – С. 316.
6. ГОСТ 21631-76. Листы из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия.
7. Дедюх Р.И. Материаловедение и технологии конструкционных материалов. Технология сварки плавлением – изд. «Юрайт», 2016. – Гл. 7 – С. 103-120.
8. ГОСТ 7871-75. Проволока сварочная из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия.
9. ГОСТ 23949-80. Электроды вольфрамовые сварочные неплавящиеся. Технические условия.
10. ГОСТ 10157-79. Аргон газообразный и жидкий. Технические условия.
11. Васильев К.В.; Вилль В.И.; Волченко В.Н. Сварка в машиностроении – изд. «Машиностроение», 1978 г. – Т. 1 – Гл. 6 – С. 224-225.
12. ГОСТ 14806-80. Дуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов

в инертных газах. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

13. Трущенко Е.А. Расчёт режимов дуговой сварки – изд. Томского политехнического университета, 2008 – С. 1 – 41.

14. Киселев С.Н. Газоэлектрическая сварка алюминиевых сплавов – изд. «Машиностроение», 1972 – Гл. 3 – С. 50-52.

15. ТК РФ Статья 219. Право работника на труд в условиях, отвечающих требованиям охраны труда.

16. ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности

17. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

18. Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением – изд. «Машиностроение», 1977. – Гл. 5 – С. 180 – 203.

19. СНиП 23-05-2010. Естественное и искусственное освещение.

20. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

21. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы.

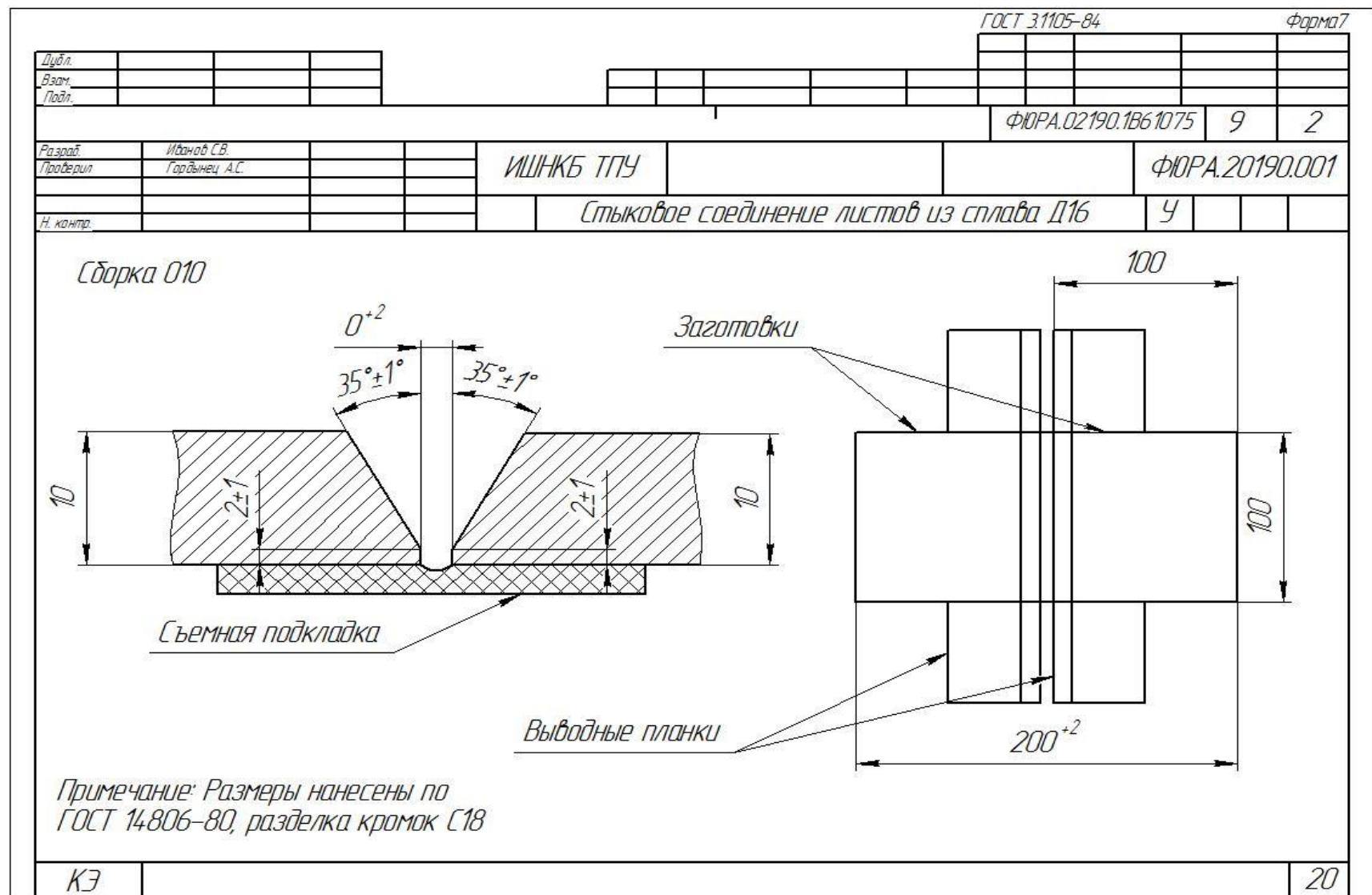
22. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

23. ГОСТ Р 22.0.02-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения.

Приложение А

ГОСТ 3.1105-84 форма 2

[illegible]



ГОСТ 3.1105-84										Форма 7	
1				ФЮРА.02190.1861075				9		3	
Разраб.		Иванов С.В.		ИШНКС ТПУ				ФЮРА.20190.002			
Проверил		Гордынец А.С.									
Н. контр.				Стыковое соединение листов из сплава Д16				У			

Сварка 015

ГОСТ 14806-80-С18-АИНп

Порядок наложения слоев

1-ый проход (слой А)

2-ой проход (слой Б)

Примечание: Сварку осуществить напроход (сначала слой А по указанному направлению, затем слой Б).

КЭ		20
----	--	----

Приложение Б

										ГОСТ 3.1118-82 форма 2												
Дубл.																						
Взам.																						
Подл.																						
										<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> ФЮРА.02190.1В61075 9 4 </div>												
Разраб.		Иванов С.В.							ИШНКБ ТПУ						ФЮРА.10190.001							
Н.контр.		Гордынец А. С.							Стыковое соединение листов из сплава Д16										У			
А		Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции				Обозначение документа												
Б						Код,наименование,оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.		
К/М		Наименование детали,сб.единицы или материала								Обозначение,код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.				
А01		01	01	01	005	Заготовительная				ИОТ №1, РД 34.15.132-96, ГОСТ 14806-80												
Б02		УШМ (угловая шлифовальная машина)				2 слесарь 5 Н 1 1																
К/М03		Две заготовки из сплава Д16 с размерами 100х100х10				ГОСТ 4784-74																
О04		Осуществить разделку кромок (С18) заготовок с заданными размера согласно эскизу ФЮРА 20190.001.																				
Т05		Шлифовальный круг, УШС-3, штангенциркуль.																				
06																						
А07		01	01	01	010	Сборочная				ИОТ №1, РД 34.15.132-96, ГОСТ 14806-80												
Б08		Сварочный кондуктор				2 слесарь 5 Н 1 1																
09		Сварочный аппарат Ресанта САИ-250АД АС/DC				1 сварщик 5 1 1 1																
К/М10		Две заготовки из сплава Д16 с разделкой кромок С18				ГОСТ 4784-74																
11		Сварочная проволока СВАК5 Ø1,6 мм				ГОСТ 7871-75																
12		Аргон высшего сорта в баллоне				ГОСТ 10157-79																
О13		Установить выводные планки согласно эскизу ФЮРА 20190.001 на прихватки, по 1 шт. на планку. Длина прихваток 15-20 мм.																				
14		Собрать две заготовки согласно эскизу ФЮРА 20190.001 на керамической подкладке, выдерживая указанные размеры.																				
15		Зафиксировать неподвижность сборки с помощью сварочного кондуктора.																				
МК		Маршрутная карта																10				

										ГОСТ 3.1118-82 форма 16															
Дубл.																									
Взам.																									
Подл.																									
															ФЮРА.02190.1B61075					5					
																				ФЮРА.10190.002					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции										Обозначение документа										
Б	Код,наименование,оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.				
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала										Обозначение,код										ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.
16	Выполнить 2 прихватки. Размеры прихваток: длина 15-20 мм, высота 3-4 мм.																								
17	Произвести очистку от брызг расплавленного металла с помощью металлической щетки.																								
Т18	Выводные планки, керамическая подкладка, штангенциркуль, УШС-3, металлическая щетка.																								
19																									
A20	01	01	01	015	Контрольная										ИОТ №1, РД 34.15.132-96, ГОСТ 14806-80										
Б21	Сварочно-монтажный стол										1	сварщик	5	1	1	1									
К/М22	Собранные и закрепленные заготовки с прихватками										ГОСТ 14806-80														
O23	Провести контроль качества сборки по РД 03-606-03, проверить соответствие размеров.																								
T24	Комплект для ВИК, лупа, штангенциркуль, УШС-3.																								
25																									
A26	01	01	01	020	Сварочная										ИОТ №1, РД 34.15.132-96, ГОСТ 14806-80										
Б27	Сварочный автомат АДСВ-6М										1	сварщик	5	1	1	1									
К/М28	Собранные и закрепленные заготовки с прихватками										ГОСТ 14806-80														
29	Сварочная проволока СвАК5 Ø1,6 мм и Ø2 мм										ГОСТ 7871-75														
30	Аргон высшего сорта в баллоне										ГОСТ 10157-79														
МК		Маршрутная карта																		10					

										ГОСТ 3.1118-82 форма 16											
Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
															ФЮРА.02190.1В61075					6	
																				ФЮРА.10190.003	
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа											
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.					
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.						
31	Вольфрамовый электрод марки ЭВЛ Ø5 мм										ГОСТ 7871-75										
О32	Произвести предварительный подогрев до температуры 250-300 °С с помощью горелки.																				
33	Осуществить сварку первого слоя согласно эскизу ФЮРА.20190.002.																				
34	Сварку первого слоя осуществить присадочной проволокой Ø1,6 мм, на сварочном токе 180-200 А, при скорости сварки 24-25 м/ч.																				
35	Скорость вылета присадочной проволоки должна находиться в пределах 415-416 м/ч, расход газа 10 л/мин.																				
36	После окончания сварки первого слоя дождаться пока изделие остынет до температуры 250-300 °С.																				
37	Осуществить сварку второго слоя согласно эскизу ФЮРА.20190.002.																				
38	Сварку второго слоя осуществить присадочной проволокой Ø2 мм, на сварочном токе 230-240 А, при скорости сварки 16-17 м/ч.																				
39	Скорость вылета присадочной проволоки должна находиться в пределах 321-322 м/ч, расход газа 10 л/мин.																				
40	После того, как изделие остынет до комнатной температуры отрезать выводные планки с помощью УШМ и отрезного круга.																				
41	Произвести очистку от брызг расплавленного металла с помощью металлической щетки.																				
42	Ослабить сварочный кондуктор и снять получившееся изделие с керамической подкладки.																				
Т43	Сварочный кондуктор, газовая горелка, газовый баллон, термометр, УШМ, отрезной круг, металлическая щетка.																				
44																					
А45	01	01	01	025	Контрольная					ИОТ №1, РД 34.15.132-96, ГОСТ 14806-80											
МК		Маршрутная карта															10				

										ГОСТ 3.1118-82 форма 16															
Дубл.																									
Взам.																									
Подл.																									
															ФЮРА.02190.1В61075					7					
																				ФЮРА.10190.004					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции										Обозначение документа										
Б	Код,наименование,оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.				
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала										Обозначение,код										ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.
Б46	Сварочно-монтажный стол										1 сварщик 5 1 1 1														
К/М47	Стыковое соединение листов из сплава Д16										ГОСТ 14806-80														
О48	Провести контроль качества сварки по РД 03-606-03, проверить соответствие размеров сварного шва ГОСТ 14806-80.																								
Т49	Комплект для ВИК, лупа, штангенциркуль, УШС-3.																								
50																									
А51	01	01	01	030	Термическая обработка										ИОТ №1, РД 34.15.132-96, ГОСТ 14806-80										
Б52	Газовая горелка										2 слесарь 5 Н 1 1														
К/М53	Стыковое соединение листов из сплава Д16										ГОСТ 14806-80														
О54	Нагреть изделие газовой горелкой до температуры 500°С.																								
55	Поместить изделие в холодную воду на 2-3 секунды.																								
56	Вытащить изделие из воды и оставить на 7 суток в помещении с температурой 20°С, для осуществления естественного старения.																								
Т57	Газовый баллон, зажимные клещи, резервуар с водой, термометр.																								
58																									
59																									
60																									
МК		Маршрутная карта																		10					

100

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
																	ФЮРА.02190.1B61075	9		
																	ФЮРА. 60190.002			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа										
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.				
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код										ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.
РС1	ПС	НП	DC	lc	lз	Пл	U	I	Vс	Vн	qоз	qдз	qк	Tи	Tн					
A16	01	01	01	015	Сварочная					ИОТ №1, РД 34.15.132-96, ГОСТ 14806-80										
Б17	Сварочный автомат АДСВ-6М								1	сварщик	5	1	1	1						
К/М18	Собранные и закрепленные заготовки с прихватками								ГОСТ 14806-80											
19	Сварочная проволока СвАК5 Ø1,6 мм и Ø2 мм								ГОСТ 7871-75											
20	Аргон высшего сорта в баллоне								ГОСТ 10157-79											
21	Вольфрамовый электрод марки ЭВЛ Ø5 мм								ГОСТ 7871-75											
O22	1. Произвести предварительный подогрев до температуры 250-300 °С с помощью горелки.																			
23	2. Осуществить сварку первого слоя присадочной проволокой Ø1,6 мм согласно эскизу ФЮРА.20190.002.																			
24	Н1	1	12мм	15 мм	15мм	—	23-25 В	180-200 А	24-25м/ч	415 м/ч	10л/мин									
25	3. После окончания сварки первого слоя дождаться пока изделие остынет до температуры 250-300 °С.																			
26	4. Осуществить сварку второго слоя присадочной проволокой Ø1,6 мм согласно эскизу ФЮРА.20190.002.																			
27	Н1	2	12мм	15 мм	15мм	—	26-28 В	230-240 А	16-17м/ч	321 м/ч	10л/мин									
T28	5. После того, как изделие остынет до комнатной температуры отрезать выводные планки с помощью УШМ и отрезного круга.																			
29	6. Произвести очистку от брызг расплавленного металла с помощью металлической щетки.																			
30	7. Ослабить сварочный кондуктор и снять получившееся изделие с керамической подкладки.																			
T31	Сварочный кондуктор, газовая горелка, газовый баллон, термометр, УШМ, отрезной круг, металлическая щетка.																			
ОК		Операционная карта																60		